مقدمة في علم الفلك

تأليف

عبد الحميد محمد محمود سماحة

وكيل مرصد حلوان

الطبعة الأولى ١٩٤٩

مطبعة دار الشرق

٢٢٢ شارع الملك الصالح بالقاهرة



تأليف

عبد الحميد محمود سماحة

وكيل مرصد حلوان

الطبعة الأولى ١٩٤٩

مطبعة دار الشرق

٣٤٤ شارع الخليج المصرى بالقاهرة

إهداء

إلى

خالي المرحوم الأستاذ محمد السيد كيره

إلى ذكراك التي يعمر بها قلبي أهدي هذا الكتاب
وفاء بفضلك علي فلقد كنت لي نعم الخال ونعم الصديق
طيب الله ثراك وجعل الجنة مثواك ؟

المؤلف

تقـــــديم

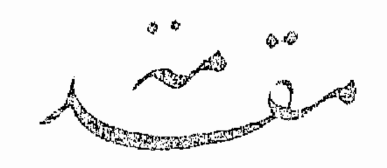
لحضرة صاحب العزة الدكتور محمد رضا مدور بك مدير المرصد الملكي

يسرني أن تتاح لي هذه الفرصة لتقديم هذا المؤلف الجديد للاستاذ سماحه وكيل المرصد . والمؤلف لا شك معروف لقرائه من مؤلفاته السابقة كما هو معروف لي بقدرته على صوغ العبارة العلمية في قالب عربي سهل العبارة واضح المعنى .

وأنه يهمني أن أنوه هنا بأهمية الدراسات الفلكية وعلى الأخص من الناحية الطبيعية التي تقدمت تقدما كبيراً في الأعوام الأخيرة . فلم تعد الأجرام السماوية مجرد لآلئ انتثرت على سطح القبة السماوية تسر الناظرين بل معملا مثاليا للدراسات الطبيعية ، حيث نجـــد المادة في حالات طبيعية لا يمكن تهيئتها في معاملنا مهما بذلنا من مال وجهد . نجد بعض الاجرام السماوية حيث تبلغ كثافتها بضعة آلاف كثافة الماء ، وبعضها الآخر تقل كثافة مادته عن كثافة الهواء . كما أن كيفية أشعاع هذه الأجرام هو الذي أوحى الينا بما تحتويه الذرة من الطاقة ومن ثم تسابق العلماء لاستنباطها .

إننا نعمل جاهدين بتوجيه من جلالة الملك حفظه الله ذخراً للكنانة وراعيا للعلوم ، على النهوض بالدراسات الفلكية في مصر التي حباها الله بجو مثالي لهذا الغرض . ولا شك ان اتساع الوراء العلمي في هذة الدراسات له أهميته ، لهذا أرجو أن يكون لهذا الكتاب القيم أثره في تحقيق هذا الغرض .

دكتور محمد رضا مدور



بسم الله الرحمن الرحيم

ثقافتنا العلمية :

من مقال لسعادة الدكتور مشرفه باشا أنه قد أصبح لزاما على من بيدهم الأمر أن يعملوا جاهدين على نشر الثقافة العلمية ، وأن يشيعوها بكافة الوسائل كيما يتاح للجمهور المتعلم الاطلاع على نتائج التقدم العلمى وآثاره الهندسيه والتطبيقية العديدة . فقد أصبحنا نعيش فى عصر اتسعت فيه دائرة العلم حتى صار وثيق الاتصال بحياتنا . وها نحن نرى آثاره تحيط بنا من كل جانب ، نراها فى أنفسنا وفى الآفاق . فالعنصر العلمى عنصر متغلب على مدنيتنا الحديثة مميز لها .

ويقترح سعادته لتحقيق هذا الغرض أقامة المتاحف العلمية أسوة بما اتبع فى انجلترا وغيرها من الدول الأوربية وأشاعة الثقافة العلمية عن طريق الصحف والمؤلفات .

وقديما قال أحد الشعراء :

وما من أمة بلغت مناها   بغير العلم والسيف اليمانى

لقد حققت الأحداث صدق ألهام هذا الشاعر . حتى السيف اليمانى

نفسه أصبح من إنتاج العلم وحده ، فليت شعرى ماذا كان يقول هذا الشاعر لو أنه سمع بالطائرات والرادار والقنابل الصاروخية والغازات السامة والطاقة الذرية وغيرها وكلها من ثمرات البحث العلمى ؟ .

والمشتغلون بالعلم يعلمون أنه أشبه شيء بالكائن الحى قوامه التساند والتآزر والتعاون ، فروعه العديدة ليست سوى حلقات السلسلة الواحدة فقد عرفنا مثلا من رصد أقمار المشـــترى أن الضوء له سرعة محدودة ، واكتشف الهليوم فى طيف الشمس عند رصد كسوفها الكلى قبل أن يعرف فى الأرض ،وساهمت البحوث الرياضية والنظرية مساهمة فعالة فى إعطائنا صورة عن التكوين الذرى والطاقة الذرية قبل إدراكها فى معامل الطبيعة . ويقوم المنقبون عن البترول بأجراء بحوث علمية متنوعة قبل القيام بأعمال الحفر ولولا ذلك لزادت تكاليف استخراجه عن القـدرة الشرائية للنسبة الغالبة من الناس والأمثلة من هذا النوع عديدة .

وتقدم البحوث العلمية تقتضى فى كثير من الأحيان تضافر الاخصائيين فى فروعه المختلفة ، أدرك ذلك الحلفاء فى الحرب الأخيرة فعبأوا للبحوث الذرية اخصائيين عديدين كان من بينهم الرياضيون والطبيعيون والكيمائيون والفلكيون كل يدفع فيها من زاويته .

وكثيرا ما يفيد الأخصائى من أحاطته العامة بما فى الفروع الأخرى من العلم ،حتى الأديب لم يعد فى مقدوره أن يقتصر فى غذائه على ما فى الآداب والفنون بل لا بد له من تذوق ثمار البحث العلمى كى لا يعجز عن مسايرة التفكير الحديث ، ومن ناحية أخرى فأشاعة الثقافة العلمية العامة من أهم عوامل التثبيت والاستقرار لنهضتنا الحديثة ، فبواسطتها يتكون الوراء

العلمى الضرورى لنبت الفكرة العلمية كتهيئة التربة فى الأرض الطيبة قبل بذر البذور .

غير أن اشاعة الثقافة العلمية بين الجمهور المتعلم على أوسع نطاق وفى أقصر وقت لا يمكن أن يتم إلا لو نشرت هذه العلوم بلغة البلاد لكثرة ما يوجد فى كل فروع العلم من مصطلحات غير مألوفة لا يعرف مدلولاتها إلا الاخصائى وعلماؤنا جميعا يدركون هذه الحقيقة بلا ريب ، ويدركون أيضا واجبهم القومى بل والعلمى فى هذا الشأن . غـــير أن الكثير منهم ما يزال يشعر أن العلم لا يزال غريبا حتى فى بيئاتهم المهنية ، فقد تعلموه بلغات أجنبية ، وما زال يدرس فى معاهدنا بلغات أجنبية ، والمصطلحات العلمية التى تزيد باضطراد يصعب أن يجدوا للكثير منها مرادفات عربية سلسة ، ومن ثم تعذر على الكثير منهم المساهمة الجدية فى سبيل تحقيق هذه الغاية ، وظل الوراء العلمى بين جمهورنا المتعلم محدوداً .

وقد نعى البعض على اللغة العربية عقمها فى هذا الشأن وقالوا أنه ما دام العلم لا وطن له فتمكن مساهمتنا فى النهضة العلمية العالمية بأية لغة عالمية ، ولست أقصد هنا اللغة التى تكتب بها البحوث وانما أقصد الثقافة العامة التى أصبحت عنصراً هاما وميزا لحضارتنا الحديثة . ومع ذلك فهل نسى هؤلاء أن اللغة العربية كانت لغة العلم ردحا طويلا من الزمن ، وأن الحضارة مدينة لها بحفظ التراث العلمى ، وأن الأوربيين ترجموا عنها فى فجر نهضتهم . ورحم الله شاعرنا حافظ بك ابراهيم حين عبر عنها بقوله :

وسعت كتـاب الله لفظا وغاية   وما ضقت عن آى به وعظات
فكيف أضيق اليوم عن وصف آلة   وتنسيق أسمـــاء لمخترعات

أنا البحر فى أحشائه الدر كامن فهل سألوا الغواص عن صدفاتى

صحيح أنه قد يصعب كثيرا أن نجد مرادفات عربية فصحى لبعض المصطلحات ولكن لماذا لا نمضى قدما ونستعرب من المصطلحات ما لا نجد له مرادفا عربيا أصيلا . أيريدوننا أن نكون عربا أكثر من العرب ؟ لقد استعرب العرب أنفسهم الكثير من الألفاظ الأعجمية عندما نقلوا علوم اليونانيين وغيرهم فى فجر نهضتهم أما عن غرابة المرادفات العربية للمصطلحات العلمية فسوف تزول حتما بالممارسة والتعود .

أن إشاعة الثقافة العلمية العامة يكوّن الوراء العلمى،وكل منهما يتجاوب مع الآخر ويستجيب له ويؤثر فيه ويتأثر به ويمهد السبيل لأن تصبح اللغة لغة العلوم العربية العصرية. أننا نعيش فى عصر يسحق الضعيف ويدوس المتعب ويخنق الهزيل ويتخلى عن المتخلف ،والعلم فى عصرنا هذا من عناصر القوة والأمة التى يشيع فيها العلم تستطيع أن تلاحق ركب الحضارة وأن تصمد لأحداث الزمن .

أننا ندين بنهضتنا العلمية الحديثة إلى مؤسس مصر الحديثة ساكن الجنان المغفور له محمد على باشا الذى أدرك بثاقب بصيرته أنها عنصر أساسى فى بناء هذه النهضة واستقرارها ،ولكنها تأثرت دائما بالأحداث السياسية التى مرت بالبلاد منذ ذلك الحين حتى ليصح القول أننا لا نزال من هذه الوجهة فى طور النشأة الأولى وأن أهم مانحتاج اليه الآن هو سداد التوجيه وبعث القوى وإنارة السبيل .

أما النهضة الأدبية فكانت أقل تأثرا بهذه الأحداث لأنها كانت تجد فى تراثنا الدينى معينا لا ينضب ، وكان الأزهر قوّاما عليها ، بل لعلها كانت

تستمد من هذه الأحداث قوة وإلهاما .

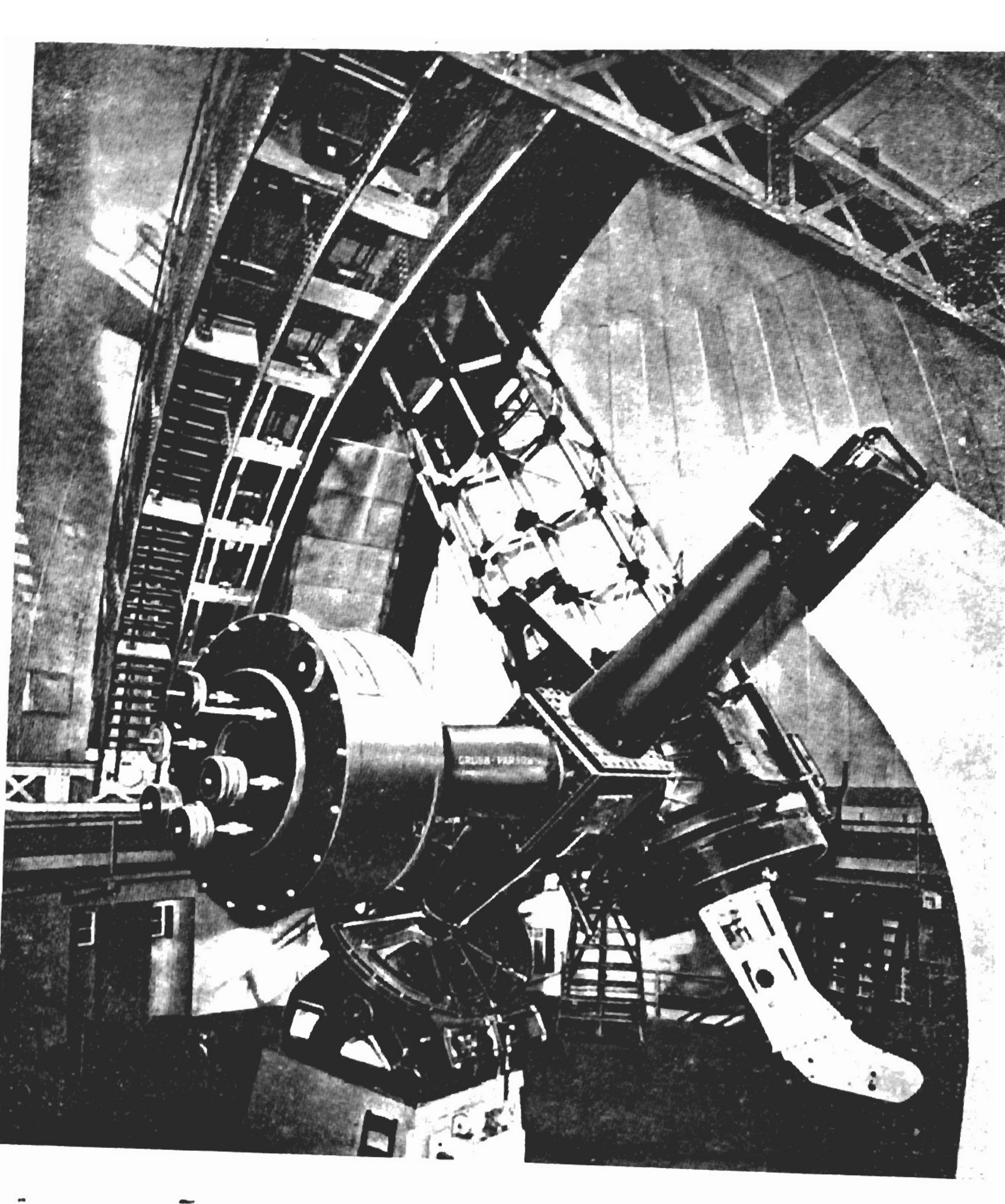
أن ثمة بعثا محسوسا لنهضتنا العلمية يرعاه مليكنا المحبوب فاروق الأول حفظه الله . ويستمد من روحه الفتية وإرادته القوية ما يبشر بالخير ويكفل لهذه النهضة البقاء والاستقرار . ولقد ترسمنا الاتجاه الصحيح ومن سار على الدرب وصل .

على ضوء هذه الاعتبارات وضعت كتابى هذا ، وكنت قد لمست حاجة الطلاب فى كلية الشريعة إلى مراجع عربية حديثة فى مادة الفلك فجعلته يشمل المقرر لهم وفى مستوى ثقافتهم العلمية التى تعادل مثيلتها لطلاب المدارس الثانوية ، ولذلك تجنبت جهد استطاعتى استخدام المعادلات الرياضية . وقد ضمنته أيضا وفى غير تعمق أبوابا أخرى منها باب خاص بالمرادفات الفلكية التى استطعت جمعها لتكون عونا لمن يشـــاء الرجوع إلى مراجع أجنبية وقد توخيت أن يكون سهل العبارة واضح المعنى ليفيد منه من يشاء من غير الطلاب . فجو مصر مما يغرى بالدراسات الفلكية ويشجع الهاوين ، وأجدادنا من المصريين القدماء كانوا أول من عنى برصد الأجرام السماوية ودراسة حركاتها .

ولست أزعم أن فيه مبتكرا من الرأى ، وإنما هو مجهود متواضع نحو توسيع دائرة الثقافة العامة فى الفلك بين أبناء الشرق العربى . فمن وجد به قصورا عن بلوغ غايته أو شفاء غلته فليبحث عن مراجع أوفى ، وهذا بعض غايتى .

والله ولى التوفيق وهو نعم المولى ونعم النصير .

المؤلف



المنظار العاكس بمرصد تورنتو بكندا ويبلغ قطر مرآته ٧٤ بوصة

جزء من سطح القمر حيث تبدو المرتفعات الدائرية



الباب الأول

[اختلاف منظر السماء باختلاف زمان الراصد ومكانه ـ الكرة السماوية ـ الاتجاهات والمستويات الرئيسية ـ تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة للمستويات الرئيسية المختلفة ـ الاجرام السماوية]

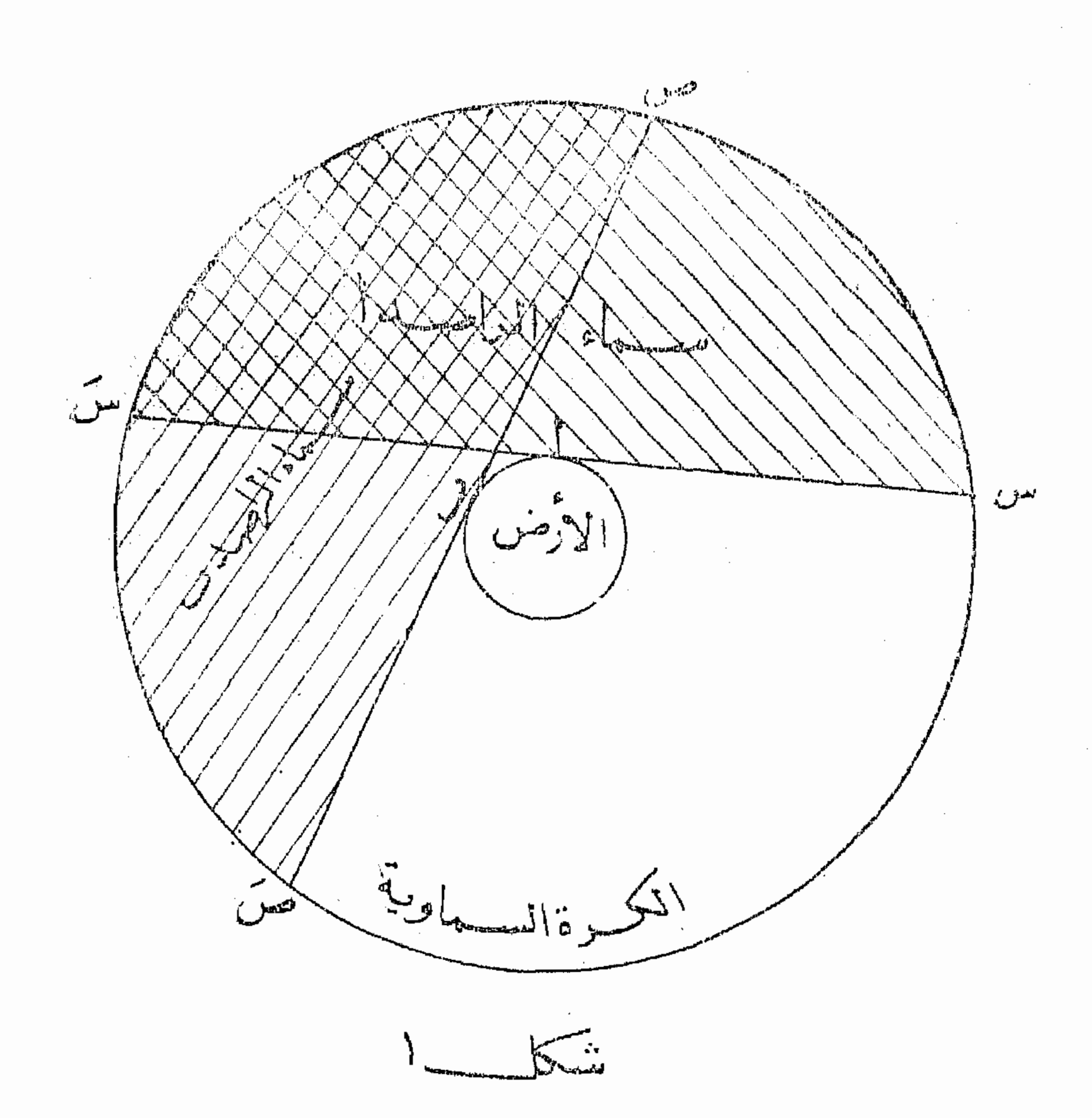
السماء

السماء لغة هى كل ما علاك فأظلك ومنه قيل لسقف البيت سماء . ومن وجهة النظر الفلكية هى الفضاء الأعظم الذى يحيط بالأرض لاحد لسعته ولا لأبعاده يحتوى الأجرام السماوية كلها ومن بينها الأرض .

وتبدو السماء لأى راصد على سطح الأرض أشبه شيء بقبة عظيمة أو نصف كرة كبيرة يحتل الراصد أينما وجد ـ منها المركز وقد انتثرت على سطحها العظيم النجوم المتلألئة .

ذلك لأنه أيا كان موقع الأرض فى هذا الفضاء العظيم فلا حد لنهاية الكون فى أى اتجاه ولذلك يمكننا افتراض أن الفضاء كرة نصف قطرها لانهاية له ومركزها الأرض وأن الأجرام السماوية تقع على سطح هذه الكرة التى يسميها الفلكيون الكرة السماوية .

ولما كانت الأرض كروية الشكل فان الراصد لا يرى من سطح الكرة
السماوية إلا ما يقع فوق المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد
وهو ما يعادل نصف كرة تقريبا، فسماء الراصد الموجودة فى نقطة م من سطح
الأرض هى نصف الكرة المحدودة بالمستوى س سَ (شكل ١) والجزء
س ص سَ من ـــ محيط الكرة السماوية وسماء الراصد ـ هى نصف الكرة
المحدودة بالمستوى ص صَ من والجزء ص سَ صَ من محيط الكرة
السماوية .



شكل ـــ ١

ويتضح من هذا أن الجزء من الفضاء السماوى الذى يراه الراصد وما فيه من أجرام يختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض.

ولما كانت الأرض تدور من الغرب إلى الشرق فأن الكرة السماوية وما عليها من الأجرام تبدو لنا كأنها تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب دورة كاملة فى كل يوم كما تبدو الأشجار وأعمدة التلغراف للمسافر فى القطار متحركة فى الاتجاه المضاد لإتجاه سير القطار وبنفس السرعة ولذلك يتغير منظر سماء أى راصد على سطح الأرض مع الزمن أيضا فتشرق نجوم من تحت الأفق ناحية الشرق باستمرار ويغرب غيرها تحت الأفق أيضا باستمرار.

وإذا تذكرنا أن الأرض تدور حول الشمس مرة فى السنة نجد أن موقعها فى الفضاء السماوى دائب التغير وتبدو لنا الشمس أيضا كأنها متحركة وسط النجوم وبما أننا لا نستطيع أن نرى النجوم التى توجد فوق الأفق نهارا لأن ضوء الشمس الشديد يحول دون ذلك وبسبب تحرك الشمس وسط النجوم بمعدل ٣٠° فى كل شهر فأن ما نراه ليلا من النجوم يتغير بين آن وآخر على مرور الأيام أثناء السنة أيضا. والخلاصة أن منظر السماء لا يتغير بتغير مكان الراصد فحسب، بل وباختلاف زمانه أيضا وهناك أطالس فلكية تبين ما يرى على اديم السماء بالنسبة لأى راصد على مدار الأيام أثناء السنة (١).

---

(١) الأطلس الفلكي لخط عرض القاهرة للمؤلف يطلب من مصلحة المساحة.

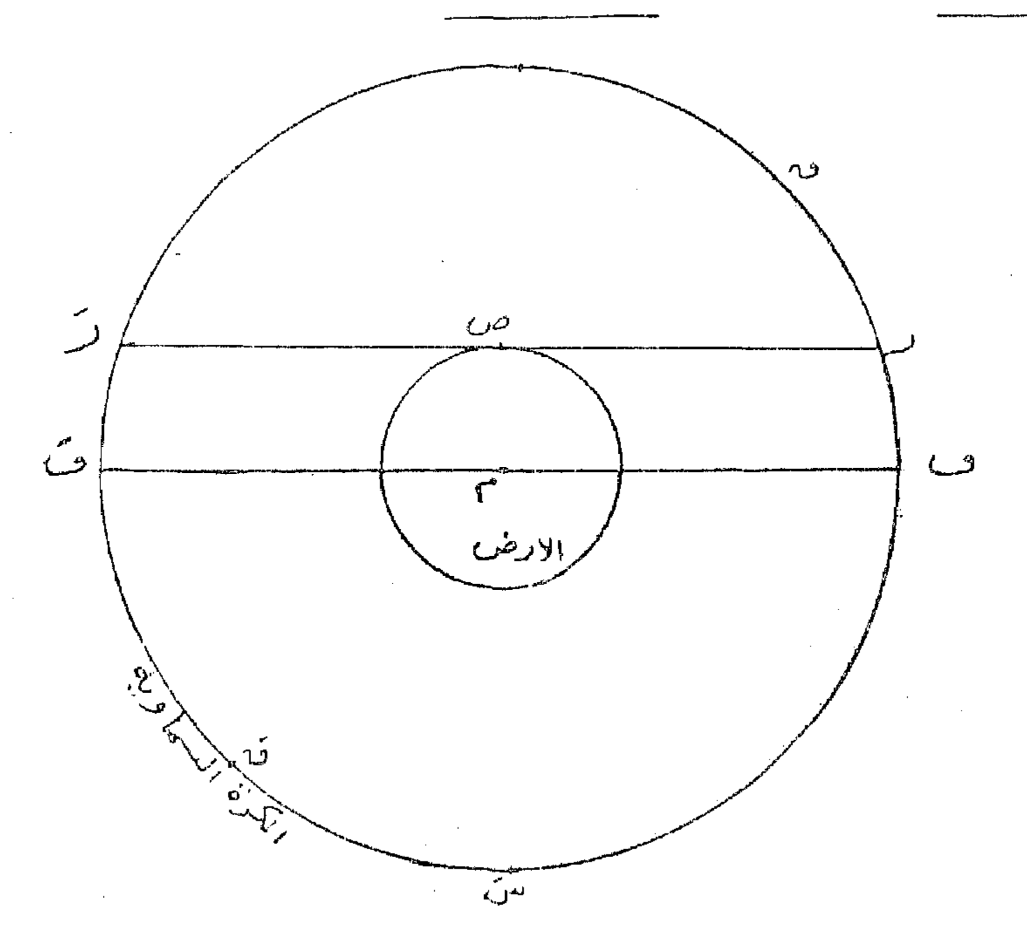
قياس مواقع النجوم

فيما عدا الحركة الظاهرية اليومية للاجرام السماوية الناشئة عن دوران الأرض حول نفسها لا يكاد راصد السماء يلاحظ تغيرا ما فى مواقع النجوم بالنسبة لبعضها البعض فتبدو له الكرة السماوية تتحرك فى تؤدة بديعة من الشرق إلى الغرب وكأن النجوم مثبتة على سطحها البلورى الشكل لذلك أسماها المتقدمون « النجوم الثابتة » .

وقد ثبت لدينا أخيرا أن النجوم ليست ثابتة ولكن حركاتها الذاتية ليست مما يمكن تحقيقه إلا بآلات الرصد الدقيقة أو بمقارنة مواقعها فى السماء بين فترات طويلة من الزمن وذلك نظرا لأبعادها السحيقة فى أعماق الفضاء ومن المسائل الرئيسية فى الفلك معرفة كيفية تعيين مواقع النجوم فى السماء وكما أن مواقع البلدان على سطح الأرض تنسب إلى مستويين رئيسيين أحدهما خط الاستواء والآخر دائرة خط الطول المارة بجرينتش كذلك تنسب مواقع النجوم على سطح الكرة السماوية إلى مستويات رئيسية أصطلح الفلكيون عليها نعرفها فيما يلى:

أيا كان موقع الراصد من سطح الأرض فهو مجذوب إلى مركزها ويسمى الفلكيون النقطة من سطح الكرة السماوية التى تقع رأسيا فوق رأسه سمت رأسه ومن الواضح أن هذه النقطة هى تقاطع نصف قطر الأرض المار بالراصد ممتدا فى الفضاء مع سطح الكرة السماوية ومن الواضح أيضا أن هذه النقطة تختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض ويسمى

الفلكيون النقطة من سطح الكرة السماوية المقابلة لسمت الرأس سمت القدم والخط الواصل بين السمتين الخط الرأسى .



(شكل ١ - ١)

[ص = الراصد - س = سمت رأسه - سَ = سمت قدمه س سَ = الخط الرأسى - ر رَ = الأفق المرئى ف فَ = الأفق ق ع = القطب الشمالى - ق عَ = القطب الجنوبى ف = الشمال - فَ = الجنوب]

ومن الواضح كذلك أن كلا من الخط الرأسى وسمت القدم يختلفان باختلاف موقع الراصد من سطح الأرض .

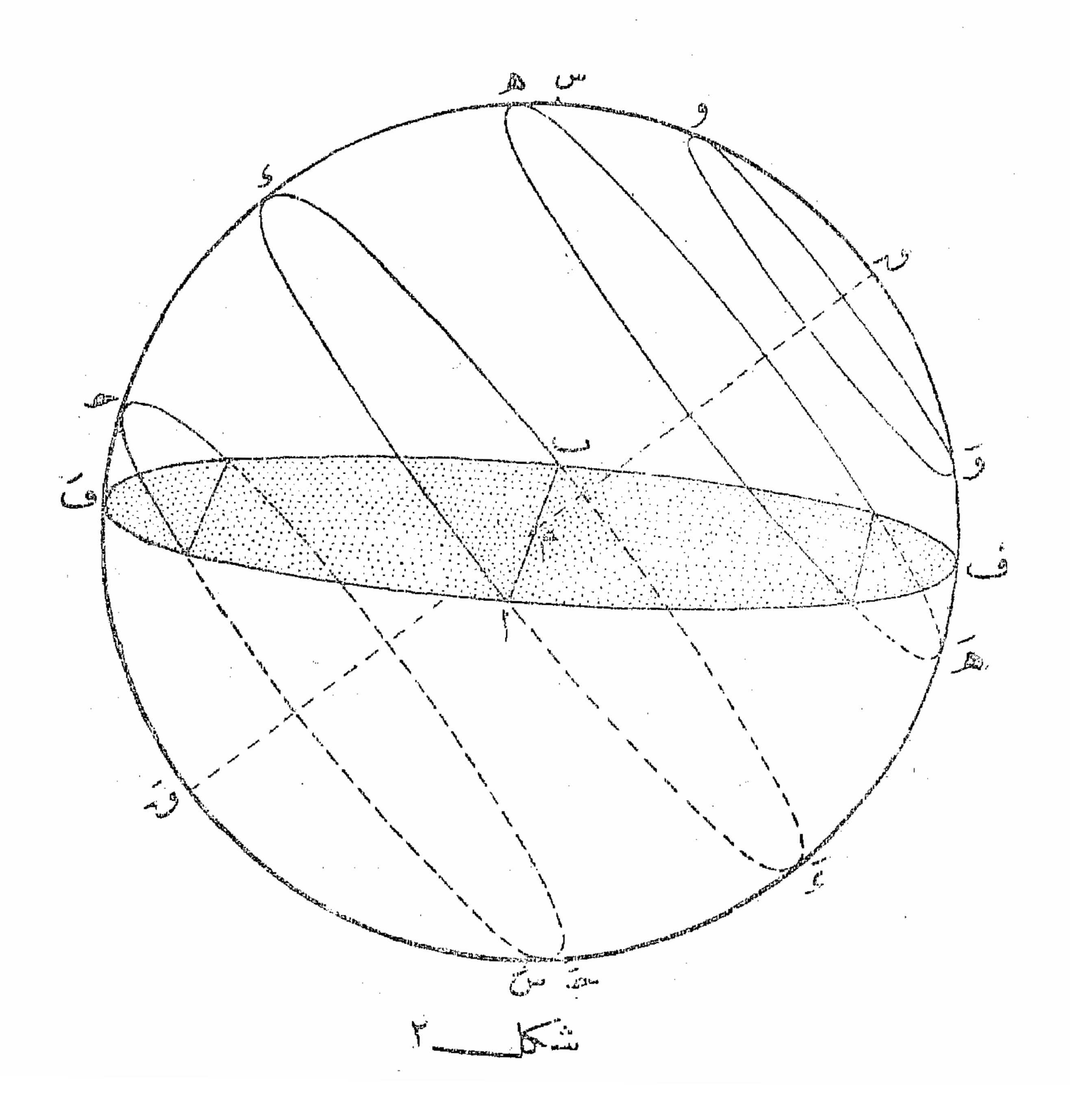
ولو تصورنا إمتداد المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد حتى يقطع الكرة السماوية فأنه يقطعها فى دائرة يسميها الفلكيون الأفق المرئى

لأنها تحدد الجزء من السماء الذى يستطيع أن يراه الراصد ومن الواضح أن هذه الدائرة تقسم الكرة السماوية إلى قسمين غير متساويين أصغرهما هو الذى يراه الراصد شكل ١-١ وذلك لأن هذه الدائرة لا تمر بمركز الكرة السماوية الذى هو مركز الأرض وكلما بعد المستوى الذى يقطع الكرة عن مركزها صغرت الدائرة ولذلك تسمى أمثال هذه « الدوائر الصغرى » . أما الدوائر التى تمر بمركز الكرة فانها تقسمها إلى قسمين متساويين تماما وتسمى الدوائر العظمى ولما كان نصف قطر الأرض صغير جدا بالنسبة لنصف قطر الكرة السماوية ففي الكثير من المسائل الفلكية يغفل الأفق المرئى لتبسيطها ويعتبر أفق الراصد الدائرة العظمى الموازية للافق المرئى ويسمى الأفق.

وتسمى الدوائر العظمى (المستويات) العمودية على الأفق والتى تمر بالسمتين الدوائر الرأسية .

والآن لو تصورنا أمتداد محور الأرض فى الفضاء حتى يقطع الكرة السماوية فأنه يقطعها فى نقطتين تسميان القطبان إحداهما التى تقع فوق الاقطار الشمالية وتسمى القطب الشمالى وهناك قريبا جدا من هذه النطقة نجم لامع يعرف بالنجم القطبي أو القطبية والنقطة الاخرى تسمى القطب الجنوبى وليس هناك نجم لامع قريب منها . والخط الواصل بين هذين يسمى محور العالم والدائرة العظمى العمودية على محور العالم تسمى دائرة المعدل ومن الواضح أنها امتداد دائرة خط الاستواء فى الفضاء حتى تقطع الكرة السماوية ويسمى الفلكيون الدوائر العظمى العمودية على دائرة المعدل والتى تمر بالقطبين بالدوائر الجانبية أو الساعية

وتسمى الدائرة الجانبية التى تمر بالسمتين مستوى خط الزوال وهى أيضا الدائرة الرأسيه التى تمر بالقطبين وهى تقسم الكرة السماويه الى قسمين متساويين شرقى وغربى حيث تقطع دائرة الأفق فى نقطتين إحداهما التى تقع تحت القطب الشمالى وهى الشمال الجغرافى والمقابلة لها هى الجنوب الجغرافى



شكل ٢

وكذلك فان دائرة المعدل تقسم الكرة السماوية إلى قسمين متساويين شمالى وجنوبى

ويمثل شكل ٣ السماء بالنسبة للراصد موضحاً عليها النقط والمستويات الآنفة الذكر وكذلك مسارات النجوم فى السماء حـ حـَ، هـ هـَ، و وَ والناشئة عن الحركة اليومية للكرة السماوية ويلاحظ أن هذه المسارات تصغر كلما كانت النجوم قريبة من أحد القطبين ولهذا نجد أن القطبية التى تبعد عن القطب الشمالى بحوالى درجة واحدة تبدو للعين المجردة كأنها ثابتة لا تتحرك.

ويلاحظ أيضاً أن النجوم التى لا يزيد بعدها القطبي عن خط عرض الراصد لا تغيب أبداً تحت الأفق

ولو أننا رصدنا مواقع الشمس فى الفضاء بالنسبة للنجوم على مرور الأيام أثناء السنة لوجدنا مسارها الظاهرى فى الفضاء دائرة عظمى تميل على دائرة المعدل بزاوية ثابتة ويسمى مسار الشمس هذا الدائرة الكسوفية لأن ظاهرتى الكسوف تقعان عندما يكون القمر قريبا منها ويبلغ ميلها على دائرة المعدل حوالى ٢٣½ درجة ويسمى الميل الأعظم

وتتقاطع دائرة المعدل والدائرة الكسوفية فى نقطتين تسميان الاعتدالين إحداهما التى تبلغها الشمس عند خروجها من نصف الكرة الجنوبى إلى نصفها الشمالى فى ٢١ مارس من كل عام وتسمى نقطة الاعتدال الربيعى والأخرى التى تكون بها الشمس عند عبورها من نصف الكرة الشمالى إلى نصفها

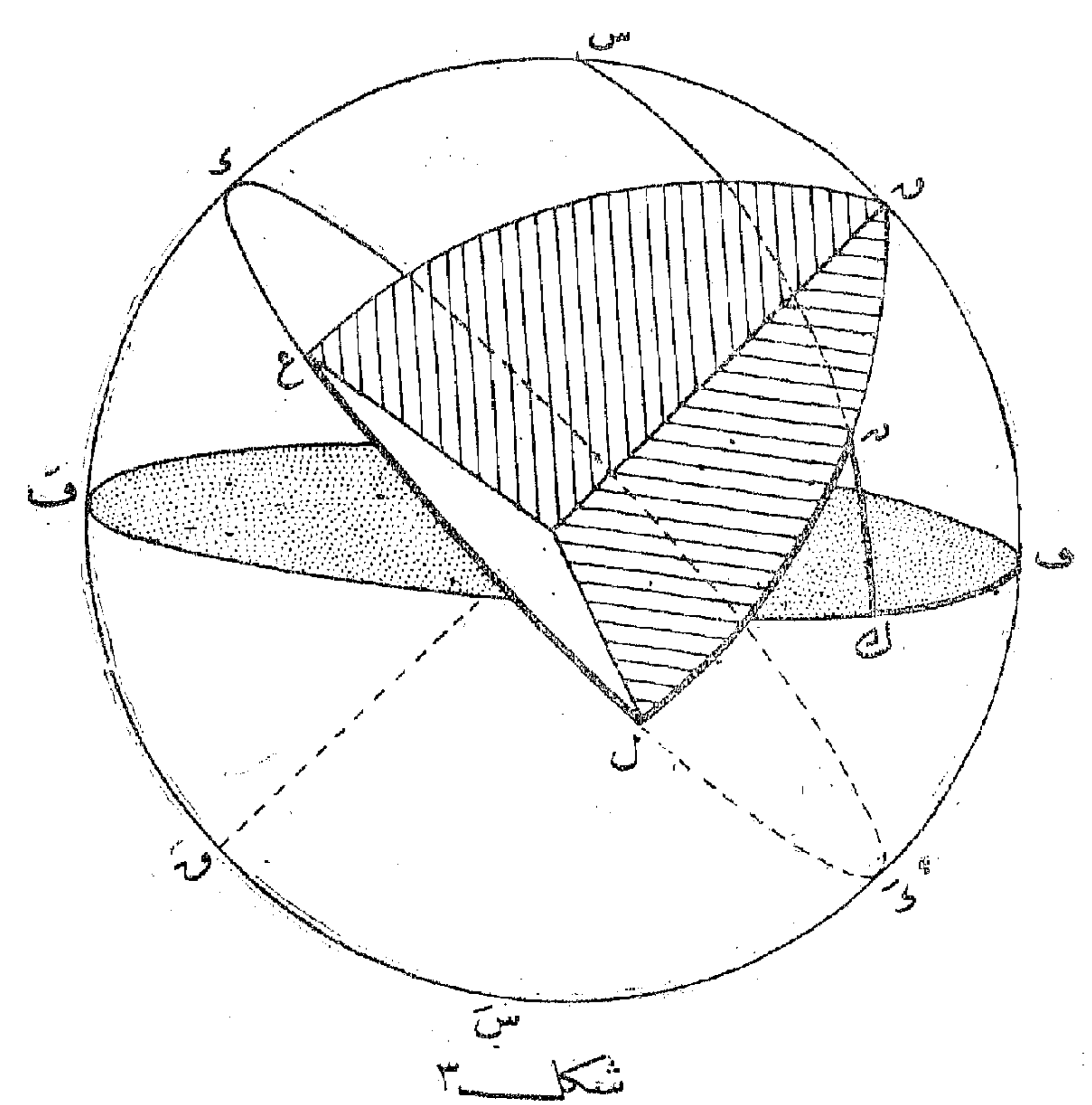
الجنوب فى ٢٣ سبتمبر من كل عام تسمى نقطة الاعتدال الخريفى

ولو رسمنا فى مستوى الدائرة الكسوفية خطاً عموديا على خط الاعتدالين فانه يقطع الدائرة الكسوفية فى نقطتين تسميان المنقلبان أحداهما المنقلب الصيفى وتبلغها الشمس فى ٢١ يونية من كل عام والأخرى المنقلب الشتوى وتبلغها الشمس فى ٢٢ ديسمبر من كل عام وتبلغ فى الأولى أقصى ارتفاعاتها فوق الأقطار الشمالية وفى الثانية أدنى ارتفاعاتها فوق هذه الأقطار .

تعيين مواقع الأجرام السماوية فى السماء

يعين موقع بلد ما على سطح الأرض بالنسبة لمستوى خط الاستواء ودائرة خط الطول المارة بجرينتش بواسطة إحداثيين أحدهما يسمى خط طول البلد وهو عبارة عن الزاوية المحصورة بين دائرة خط الطول المارة بها ودائرة خط الطول الرئيسية وهى المارة ببلدة جرينتش والآخر خط عرض البلد وهو عبارة عن القوس من دائرة خط الطول المارة بالبلد المحصور بين خط الاستواء والبلد .

وبطريقة مماثلة لهذه تعين مواقع الأجرام السماوية على سطح الكرة السماوية وتنسب أما إلى (١) مستوى الأفق وخط الزوال (٢) مستوى دائرة المعدل وخط الزوال (٣) مستوى دائرة المعدل والدائرة الجانبية التى تمر بنقطة الاعتدال الربيعى .



شكل ٣

س — سمت رأس الراصد	سَ — سمت قدمه
ه — القطب الشمالى	هَ — القطب الجنوبى
ع — نقطة الاعتدال الربيعى	ف — الشمال الجغرافى
ﻫ — نجم ما	ه هَ — محور العالم

ف فَ الأفق ، ف ه س فَ خط الزوال ، ى ع ل ىَ دائرة المعدل ، ف ك الزاوية السمتية ، ن ك ارتفاع النجم ، ع ل المطالع المستقيم للنجم ﻫ ، ﻫ لَ ميل النجم ﻫ ، ى ىَ ل الزاوية الساعية للنجم ﻫ

(١) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوى الأفق وخط الزوال

لو فرضنا أن ن نجم ما و ف فَ دائرة الأفق و س سمت رأس الراصد

و سَ سمت قدمه و ف القطب الشمالى و فَ القطب الجنوبى والدائرة س ف فَ سَ

مستوى خط زواله ورسمنا الدائرة الرأسيـــــة س ن ك التى تمر بهذا النجم (شكل ٣) فان موقع هذا النجم يعين بأحداثيين أحدهما ويسمى الزاوية السمتية للنجم ن وهى عبارة عن الزاوية ف س ن التى رأسها سمت الرأس المحصورة بين خط الزوال والدائرة الرأسية المارة بالنجم ومع قليل من التأمل نستطيع أن نرى أن هذه الزاوية تساوى القوس من دائرة الأفق ف ك المحصور بين نقطة الشمال ف ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية المارة بالنجم مع دائرة الأفق المرموز لها بالحرف ك

أما الأحداثى الآخر فهو القوس من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين النجم ودائرة الأفق وهو القوس ن ك (شكل ٣) ويسمى ارتفاع النجم وقد يتخذ متمم هذا القوس بديلا وهو القوس س ن من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين سمت الرأس والنجم ويسمى البعد السمتى للنجم

ومن الواضح أننا لا نستطيع قياس هذه الاقواس على سطح الكرة السماوية غير أن الزاوية السمتية للنجم ن وهى القوس ف ك من دائرة الأفق هى الزاوية التى رأسها عين الراصد فى م (مركز الكرة) وطرفاها الاتجاهين نحو نقطة الشمال ف ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية مع دائرة الأفق ك

وكذلك ارتفاع النجم هو الزاوية التى رأسها عين الراصد فى م وطرفاها الاتجاهين نحو النجم ن ونقطة ى والبعد السمتى هو الزاوية التى رأسها عين الراصد وطرفاها الاتجاهين نحو سمت الرأس س والنجم ن وجميعها يمكن تعيينه عملياً وقياسها بالأجهزة الفلكية كالمضادة (التيودوليت)

(٢) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوى دائرة المعدل وخط الزوال

يعين موقع نجم مثل ن بالنسبة لمستوى دائرة المعدل ى ىَ (شكل ٣) وخط الزوال س ى ف س ق ىَ باحداثين أحدهما الزاوية المحصورة بين مستوى خط الزوال (ابتداء من نقطة الجنوب ى نحو الغرب) والدائرة الجانبية ق ن ل المارة بالنجم وتسمى الزاوية الساعية للنجم وتقاس أيضا بقوس من دائرة المعدل ابتداء من نقطة ى الجنوبية نحو الغرب حتى تقاطع الدائره الجانبية المارة بالنجم مع دائرة المعدل (نقطة ل) وهى كما ترى فى هذا الشكل عبارة عن القوس ى ىَ ل أو بالزاوية (المنفرجة هنا) المحصوره بين الاتجاهين نحو ى ونحو ل ورأسها عين الراصد م التى هى مركز الكرة.

أما الاحداثى الآخر فيسمى ميل النجم وهو عبارة عن القوس من الدائرة الجانبية المارة بالنجم ق ن ل المحصور بين النجم ن ونقطة تقاطع هذه الدائرة مع دائرة المعدل ل أى القوس ن ل ويساوى أيضا الزاوية التى رأسها عين الراصد م وطرفاها النجم ن والنقطة ل.

ويستخدم هذان الاحداثيان فى تعيين مواقع الأجرام السماوية بواسطة المناظير الكبرى فى المراصد

ومتمم ميل النجم يسمى البعد القطبي للنجم وهو عبارة عن القوس ق ح م من الدائرة الجانبية المحصور بين القطب والنجم.

ويقال أن ميل النجم شمالي أو يرمز له بعلامة الموجب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الشمالي وجنوبي أو يرمز له بعلامة السالب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الجنوبي

(٣) تعيين موقع جرم سماوي بالنسبة لمستوى دائرة المعدل والدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي.

لو تأملنا قليلا لوجدنا أن كلا من الزاوية السمتية وارتفاع النجم (أو متممه وهو البعد السمتي) والزاوية الساعية تتغير بتغير مكان الراصد أو زمانه فقد بينا أن أفق الراصد يختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض ومن ثم فالزاوية السمتية لأي نجم وارتفاعه أو بعده السمتي تختلف باختلاف مكان الراصد ولما كانت الكرة السماوية تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب فإن هذين الأحداثين دائما التغير، فتبدو النجوم على الأفق شرقا ثم يزيد ارتفاعها تدريجيا ويتغير اتجاهها نحو الجنوب حتى تعبر خط الزوال جنوبا ثم تنحدر نحو الغرب فتكون الزاوية الساعية صفر عندما يكون النجم على خط الزوال جنوبا وتزيد تدريجيا حتى تصير ١٨٠° عندما يكون النجم على خط الزوال شمالا ثم ٣٦٠° أو صفر عندما يتم النجم دورة كاملة ويكون مرة ثانية على خط الزوال جنوبا وتتم الكرة السماوية دورتها في ٢٤ ساعة وعلى ذلك فكل نجم يقطع من مساره اليومي (أنظر شكل ٢) ١٥ درجة في كل ساعه

والدرجة تساوى ٦٠ دقيقة قوسية. وعلى ذلك فهو يقطع من مساره ١٥ دقيقة قوسية فى كل دقيقة زمنية أو ١٥ ثانية قوسية فى كل ثانية زمنية .

أما ميل النجم فيبقى ثابتا لا يتغير بتغير مكان الراصد أو بسبب دوران الكرة السماوية .

ولحاجة الفلكيين إلى معرفة مواقع النجوم بإحداثيات ثابتة لا تتغير بتغير مكان الراصد أو زمانه اتخذوا الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى دائرة رئيسية كدائرة خط الزوال تنسب اليها وإلى دائرة المعدل مواقع النجوم . ومن الواضح أن هذه الدائرة تتحرك فوق رؤوسنا بنفس السرعة التى تتحرك بها الدوائر الجانبية الأخرى وهى سرعة تحرك الكرة السماوية ولذلك فان البعد بينها وبين أى دائرة جانبية أخرى يظل ثابتا لا يتغير رغم هذه الحركة .

وتسمى الزاوية التى بين الدائرة الجانبية المارة بنجم ما مثل ن والدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى ع (شكل ٣) المطالع المستقيم للنجم ن وتقاس هذه الزاوية بالقوس ع ل من دائرة المعدل إبتداء من نقطة الاعتدال الربيعى نحو الشرق وتساوى أيضا الزاوية التى طرفاها النقطتين ع، ل ورأسها عين الراصد فى م مركز الكرة .

وتنشر المطالع المستقيمة وميل النجوم فى جداول فلكية وتقدر المطالع المستقيمه وكذا الزوايا الساعية عادة بالساعات والدقائق والثوانى الزمنية حسب العلاقة السالفة الذكر .

خطوط الطول والعرض السماويين

ان الاحداثيات السالفة الذكر هى الأكثر استعمالا فى الأرصاد الفلكية وتعين بمعرفتها مواقع الأجرام السماوية المختلفة بواسطة المناظير والأجهزة الفلكية . وتستخدم أحداثيات أخرى فى بعض البحوث الفلكية الخاصة منها الطول والعرض السماويين وينسبان إلى الدائرة الكسوفية والدائرة العظمى العمودية عليها التى تمر بنقطة الاعتدال الربيعى .

وتسمى الدوائر العظمى العمودية على الدائرة الكسوفية والمارة بقطبيها السماويين دوائر خطوط الطول السماوية والدائرة الصغرى الموازية للدائرة الكسوفية والتى تصغر كلما اقتربت من أحد قطبيها دوائر خطوط العرض السماوية . وخط طول نجم ما هو الزاوية المحصورة بين دائرة خط الطول السماوية المارة به ودائرة خط الطول المارة بنقطة الاعتدال الربيعى .

وخط عرض نجم ما هو القوس من دائرة خط الطول المارة به المحصور بين الدائرة الكسوفية والنجم ويقال له شمالى إذا كان النجم فوق الدائرة الكسوفية وجنوبى إذا كان تحتها .

الإحداثيات المجرية

سنعرف فيما بعد أن شمسنا ماهى إلا واحدة من مجموعة كبيرة من النجوم تعرف بالنظام المجرى وفى بعض البحوث الفلكية . يفضل معرفة

مواقع النجوم بالنسبة لمستوى المجرة فى الفضاء السماوى، وتعين فى هذه الحالة المواقع باحداثيين يسميان بالاحداثين المجريين للنجم.

ولقد دلت الأرصاد والبحوث على ان الاحداثيات الاعتداليه (نسبة الى دائرة المعدل) لقطب المجرة هى:

	دقيقة	ساعة
مطلعه المستقيم	٤٠	١٢
ميله	+	٢٨

ولذلك يمكن بالحساب تحويل الاحداثيات الاعتدالية لأى نجم إلى احداثيات مجرية تسمى الطول والعرض المجريين وقد قام الأستاذ جون أولسون Ohlson بالسويد بعمل جداول للاطوال والعروض المجرية المقابلة لاحداثيات الاعتدالية المختلفة.

والعرض المجرى هو عبارة عن القوس من الدائرة العظمى العمودية على مستوى المجره المارة بقطبيها وبالنجم والمحصور بينه وبين مستوى المجره والطول المجرى هو القوس من دائرة المجرة المحصور بين إحدى نقطتى تقاطعها مع دائرة المعدل وتقاطع الدائرة العمودية على مستوى المجرة المارة بالنجم

ملاحظات عامة على الاحداثيات المختلفة

أولا — اعتبرنا فيما تقدم أن الأرض نقطة مركزية نظرا اصغر أبعادها بالنسبة لأبعاد النجوم ويجب أن نلاحظ أننا لا نستطيع فى الحسابات الدقيقة إغفال أبعاد الأرض، فى كل ما يختص بالاجرام القريبة منها كالقمر والشمس فاتجاهات مثل هذه الاجرام تختلف باختلاف موقع الراصد من سطح الارض

ثانيا — أن إرتفاع النجم وزاويته السمتية متغيران على الزمن بالنسبة لراصد معين من سطح الأرض وتختلف مقاديرهما لنجم معين فى لحظة معينة بالنسبة لراصدين فى نقطتين مختلفتين من سطح الأرض .

ثالثا — ميل النجم ومطلعه المستقيم ثابتان لا يتغيران بتغير مكان الرصد من سطح الأرض أو زمانه .

أما الزاوية الساعية لنجم ما فهى تزيد باضطراد مع الزمن وتختلف لنجم معين باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض وتتحد لجميع الأمكنة من سطح الأرض الواقعة على خط طول واحد .

وتقاس الزوايا الساعية والمطالع المستقيمة بأقواس من دائرة المعدل ولكنهما تختلفان فى نقطة المبدأ التى تقاس منه كل منهما والإتجاه الذى تحسب فيه ففى الأولى تقاس ابتداء من خط الزوال جنوبا فى اتجاه الغرب وفى الثانية ابتداء من الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى إلى ناحية الشرق .

رابعا — طول وعرض النجوم السماويين والمجريين لا يقاس بطريقة مباشرة بالآلات الفلكية بل يعين بالحساب بعد معرفة ميولها ومطالعها المستقيمة وله أهمية خاصة بالنسبة للقمر والشمس والكواكب السيارة والبحوث الفلكية الحديثة .

الاجرام السماوية

يمكننا تقسيم الأجرام السماوية إلى ثلاثة أقسام .

(الأول) — النظام الشمسى ويتكون من الشمس وتوابعها الكواكب السيارة وهى حسب قربها من الشمس عطارد والزهرة والأرض والمريخ

والمشترى وزحل وأرانوس ونبتون وبلوتو وجميعها تدور حول الشمس ولبعضها قمر واحد وللبعض الآخر أقمار عديدة .

والمسافات التى بين أعضاء هذه المجموعة كبيرة بالنسبة لأبعاد الأرض ولكنها لا تعد شيئا مذكورا بالنسبة إلى أبعاد النجوم ولو حاولنا عمل نموذج لهذه المجموعة واخترنا بالنسبة لذلك ميدانا فسيحا فى القاهرة كميدان ابراهيم باشا ومثلنا الشمس بحمصه فى وسطه لوجب أن نمثل الكواكب السيارة بحبات صغيرة من الرمل تدور حول الشمس فى مسارات دائريه ولا يتسع ميدان فسيح كهذا لأكبر من مدار بلوتو .

ويشمل هذا النظام أيضا فصائل الشهب والمذنبات غير أن هذه تختلف عن الكواكب السيارة فى شكل مداراتها .

والشمس أكبرها كتلة وهى وحدها بين هذه المجموعة التى تشع الضوء والحرارة وما عداها يعكس ضوء الشمس فنحن إنما نرى الكواكب السيارة بضوء الشمس منعكسا عليها كما نرى الحائط بضوء المصباح أو الشمس منعكسا عليها ولو أن بالكواكب السيارة أناسا يبصرون لراوا أرضنا بضوء الشمس منعكسا عليها .

(الثانى) — النجوم وهى تبعد عنا وعن النظام الشمسى بأجمعه بمسافات شاسعة تفوق بكثير تلك المسافات التى تفصل بيننا وبين أبعد الكواكب السيارة والنجوم شموس تشع الضوء والحرارة وبعضها أكبر من الشمس ملايين المرات ونحن إنما نراها صغيرة نظرا لأبعادها الشاسعة فى أعماق الفضاء .

ويتراوح عدد ما يرى من النجوم بالعين المجردة فى أى وقت بين ألفين

وثلاثة آلاف ولكننا نستطيع أن نرى منها ما يقدر بالملايين بواسطة المنظار ويزيد عدد ما يرى منها إضطرادا بازدياد قوة المنظار.

(الثالث) ـ السدائم . وهى أجسام سحابية الشكل تبدو صغيرة نظرا لأبعادها السحيقة وبعضها معتم ولكنه يعكس ضوء النجوم القريبة منه ومنها مايوجد فى النظام النجومى أو بعيدا عنه فى الفضاء والسحابة العظيمة من النجوم الصغيرة التى ترى كثيرا عبر السماء والمعروفة بالمجرة أو سكة التبانة وهى إحدى السدائم العظيمة ويتبعها نظامنا الشمسى.

الباب الثانى

النظام الشمسى

[الكواكب السيارة — فرض بطليموس — نظرية كبرنيق — قوانين كبلر — قانون الجاذبية العام — اكتشاف ارانوس ونبتون وبلوتو — النجيمات — المذنبات — الشهب]

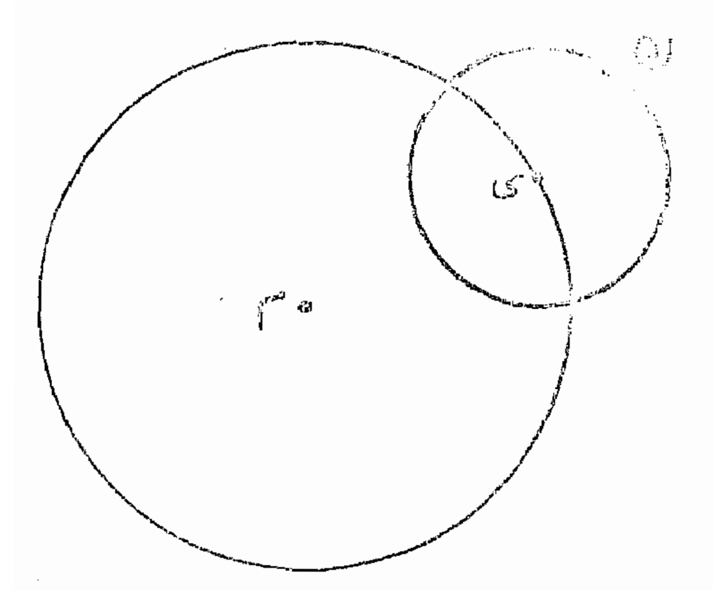
عرف القدماء من الكواكب السيارة خمسة هى عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل واعتبروا الشمس والقمر من الكواكب السيارة لاتحادهما معها فى أهم ما تتميز به الكواكب السيارة بين الأجرام السماوية المختلفة وهو التحرك وسط النجوم الثابته (شكل ٥) وهكذا كان مجموع الكواكب السيارة عند القدماء سبعة وهو العدد التام فى فلسفة فيثاغورس الرياضية ونلاحظ اشتقاق اسماء الأسبوع من اسماء الكواكب السيارة فيوم السبت فى الإنجليزية معناه يوم زحل والآحد يوم الشمس والاثنين يوم القمر .

ولقد حاول علماء اليونان قديما تفسير حركة الكواكب السيارة فافترضوا الفروض المختلفة لتعليل تحركها وسط النجوم وأهم هذه الفروض جميعا هو فرض بطليموس الذى جاء فى كتابه (المجسطى) عام ١٤٠ ق . م

وأساس هذا الفرض أن الأرض ثابته وأنها مركز الكون وأن الشمس والقمر والكواكب السيارة والنجوم كلها تدور حولها .

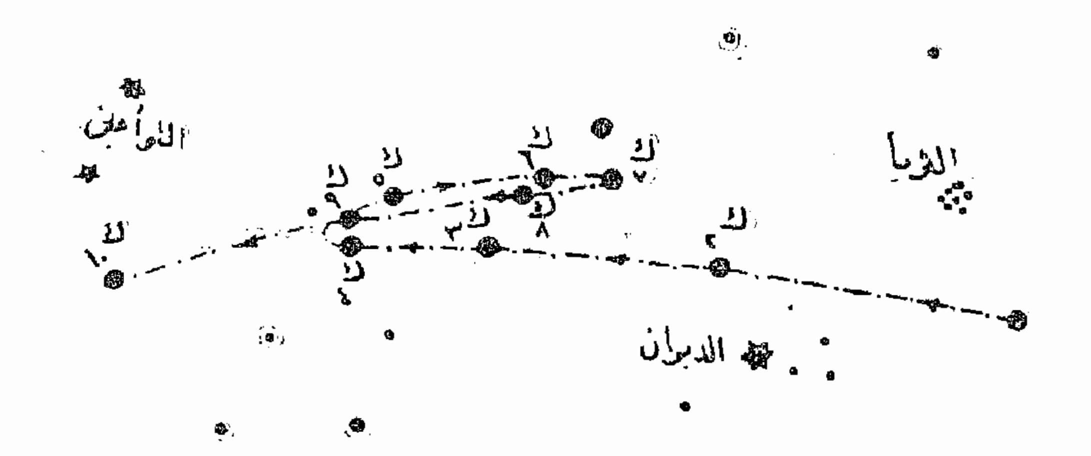
وعلى هذا الأساس يفترض بطليموس أن كلا من الكواكب السيارة

يتحرك فى مدار دائرى حول نقطة مركزية وأن هذه النقطة تدور بانتظام فى محيط دائرة أخرى مركزها الأرض (الثابته ؟)



مدار كواكب سيارك بالنسبة للارض م
وفق فرض بطليموس (شكل ٤)

و (الشكل ٤) يوضح هذا الفرض فى أبسط الحالات فنقطة ن تمثل الكوكب السيار الذى يدور فى محيط دائرة مركزها ى ونقطة ى نفسها تدور فى محيط دائرة مركزها الأرض . أما مدة الدورة فى كل من الدائرتين فتختلف بالنسبة لكل من الكواكب السيارة وقد وجد أنه بالنسبة لكل من عطارد والزهرة فأن مدة الدورة للنقطة المركزية ى حول م هى سنة أما بالنسبة للمريخ فمقدارها ٦٨٧ يوما وللمشترى ١٢ سنة .



مسار كوكب وسط النجوم الثابته (شكل ٥)

ولو تأملنا هذا الفرض لوجدنا أنه يفسر حركة الكواكب الظاهرية وسط النجوم المثلة فى (الشكل ٥)

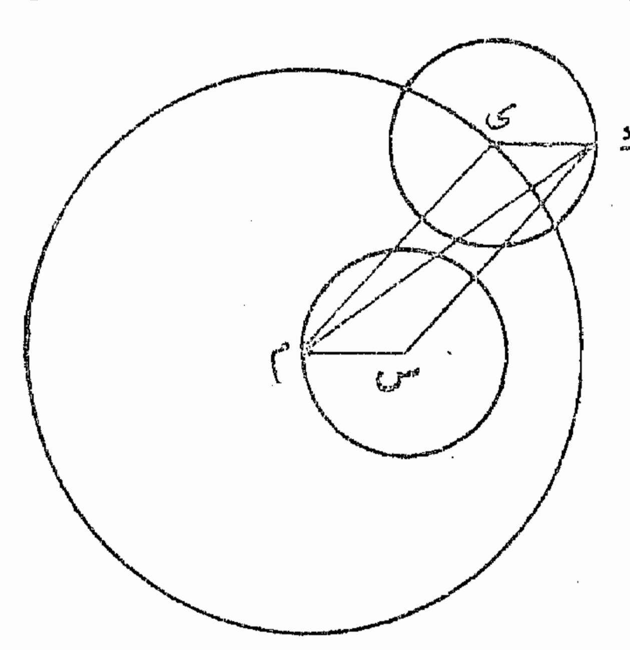
هذه إحدى النظريات الهامة القديمة لتفسير حركة الكواكب السيارة فى السماء ولقد عاشت قرون عدة وصمدت للنقد العلمى حتى ثبت فى النهاية خطأ أساسها فالأرض ليست ثابته فى الفضاء السماوى بل تدور فى الفضاء حول الشمس كأخواتها الكواكب السيارة الأخرى .

ولقد كان القدماء كلما وجدوا عدم كفاية أمثال هذه الفروض للتنبؤ عن مواقع الكواكب السيارة مستقبلا أو لمطابقة مواقعها فى السماء مع ما يستنبط على أساس هذه الفروض بالحساب أضافوا اليها فروضا أخرى تكميلية

ورغم أن علماء اليونانيين لم يحيدوا قط عن أساس هذه الفروض وهو أن الأرض ثابتة وأنها مركز الكون كله فقد تنصلوا من اعتبار حركة الكواكب السيارة الحقيقية كما لو كانت وفقا لهذه الفروض ولذلك كانوا يومئون اليها بهذه العبارة (انتشال الظاهرة)

والآن لو أننا تحت ضوء الحقيقة الخالدة التى كشفت أخيرا وهى أن الشمس — لا الأرض — هى مركز النظام الشمسى رمزنا لها بالحرف س (شكل ٦)

واعتبرنا ك يمثل المشترى مثلا بحيث يكون

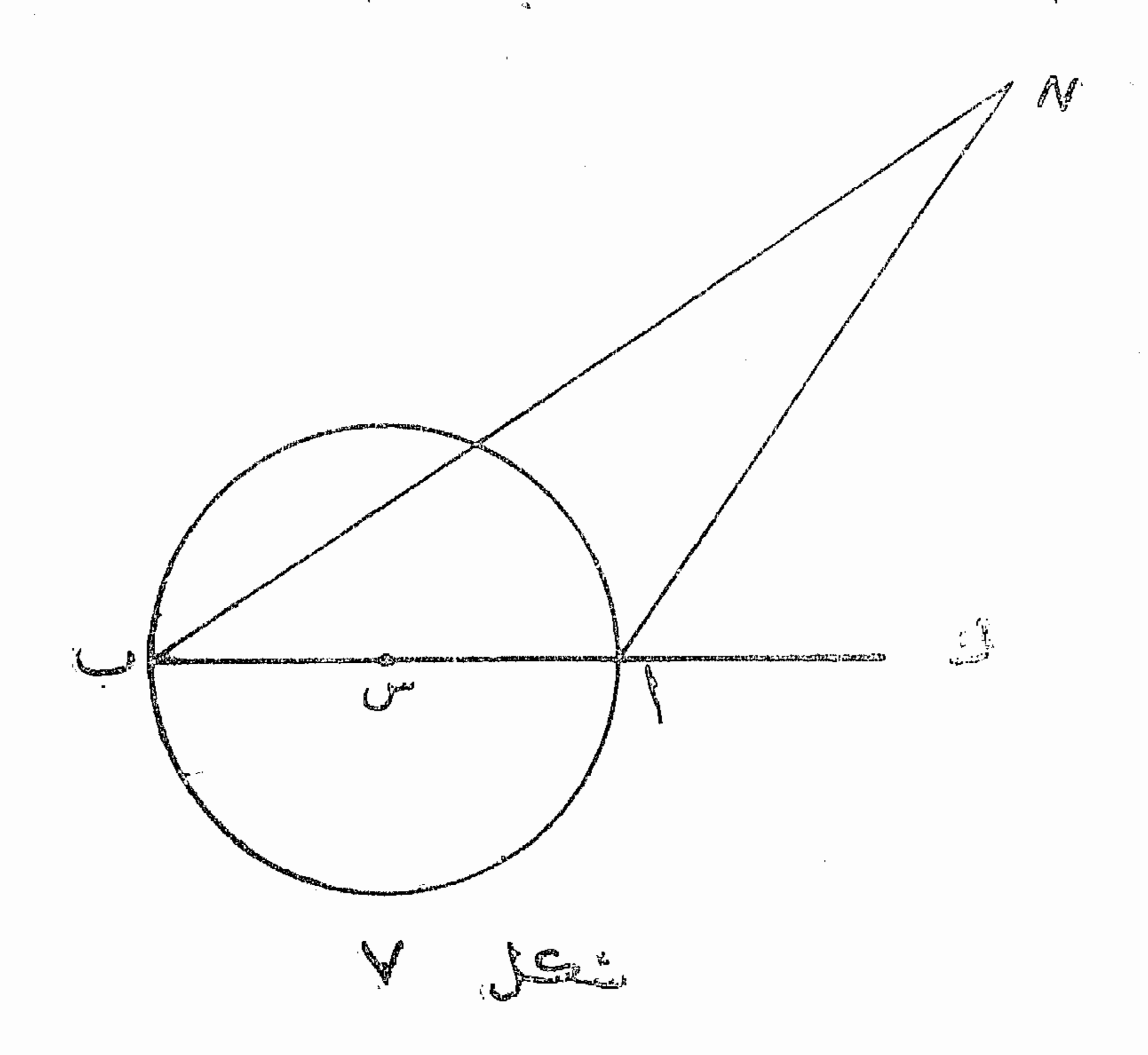


(شكل ٦) تطابق فرض بطليموس ونظرية كبرنيق عن حركة السيارات

سم يوازى ى ل فان مدة دورة ى حول م فى نظرية بطليموس هى فى الحقيقة مدة دورة المشترى حول الشمس حسب النظرية الحديثة

وبما أن ى ل يوازى م س فيكون الوقت النجمى لنقطة ل فى الدائرة التى مركزها ى هى سنة دائما أيا كان الكوكب السيار . غير أن القدماء كانو ايحسبون أوقات الدوران المختلفة ابتداء من الخط م ى وهو غير ثابت فى الفضاء كما كان يظن ولولا ذلك لتبين لهم أساس خطأ فروضهم ولا كتشفوا أن الأرض غير ثابته فى الفضاء بل تدور حول الشمس .

ولقد خطرت هذه الفكرة لبعضهم مثل فيلالوس فى القرن الثانى ق. م فزعم بدوران الأرض حول نفسها مرة فى كل يوم وحول الشمس مرة فى



شكل ٧

العام . وأن الحركة الأولى ينشأ عنها ظاهرة الليل والنهار والحركة الثانية ينشأ عنها ظاهرة الفصول الفلكية ولكن ارسطو الفيلسوف العظيم أثار ضد هذا الزعم اعتراضا علميا وجيها وخلاصته أنه لو أن الأرض تدور حقيقة حول الشمس لترتب على ذلك اختلافا ظاهريا فى الاتجاهات التى ترى فيها النجوم على مدار السنة

فلو فرضنا الأرض فى نقطة ا من مدارها فى وقت من الاوقات أثناء السنة فسوف نرى النجم ى فى الاتجاه ا ى (انظر شكل ٧) وبعد ستة شهور تنتقل بنا الأرض فى الفضاء الى النقطة المقابلة ب من مدارها وعندذلك ترى النجم ى نفسه فى الاتجاه الجديد ى ب وبالمثل بالنسبة لاى نجم آخر ومن الواضح أن الاتجاه ا ن يصنع مع الخط ا ب الزاوية ى ا ل والاتجاه ب ن يصنع مع هذا الخط الزاوية ن ب ل والفرق بين الزاويتين يساوى الزاوية ا ن ب ومقدارها صغير جدا نظرا لصغر الخط ا ب بالنسبة للبعد ا ن ويسميه الفلكيون (الاختلاف الظاهرى) ولم يستطع القدماء تحقيق هذا الاختلاف الصغير بالات رصدهم البدائية ولم يدركوا فى الوقت نفسه أن اختلافا يسيرا كهذا ليس من الممكن تحقيقه للاسباب السالفه فرفضوا نظرية دوران الأرض رفضـــا باتا وظلت فكرة ثبوت الأرض ومركزيتها للكون ودوران الأجرام السماوية حولها أساس فروضهم المختلفة فى تفسير حركة الكواكب السيارة حتى منتصف القرن السادس عشر للميلاد حيث نشر العالم البولندى كبرنيق كتابا عن حركة السيارات وفيه يفسر حركة الكواكب السيارة على أساس أن الشمس مركز النظام الشمسى كله وأن الكواكب السيارة بمـــا فيها الأرض تدور حولها وأن حركة الكواكب السيارة بين النجوم (شكل ٥) إذ تتقدم بينها حينا ثم تبطىء فى حركتها ثم تتقهقر حينا آخر

وهكذا على التوالى ماهى إلا محصلة حركتها الدورانية البسيطة حول الشمس الثابتة كما تبدو للراصد من فوق سطح الأرض المتحركة أيضا حول الشمس حركة دورانية بسيطة

إلا أن رجال الكنيسة قاوموا هذا الرأى ونددوا بصاحبه وأوصدت الجامعات أبوابها دون هذه النظرية لما كانت لفلسفة أرسطوا وتعاليمه فيها من المنزلة التقليدية الرفيعة .

ولما أخترع المنظار واستخدمه العالم الايطالى (جاليليو) فى رصد الأجرام السماوية رأى المشترى ومن حوله أقماره تدور على صورة تماثل الصورة التى رسمها كبرنيق للنظام الشمسى ورأى الزهرة باوجهها التى تشبه أوجه القمر أثناء الشهر القمرى ولما وجد أن هذا التشكل للزهرة ليس سوى نتيجة حتمية لدوران كل من الأرض والزهرة حول الشمس شايع كبرنيق متحمسا وصار يجمع الادلة العلمية على بطلان نظرية ثبوت الأرض وصواب نظرية كبرنيق وينشرها على الناس . فقامت فى وجهه قيامة الكنيسة واتهمته بالكفر وحاكمته من أجل عقيدته هذه وقست عليه كل القسوة فقضت عليه بالسجن بعد أن أرغمته على أن يعلن ارتداده علانية عن هذه النظرية ولعنته واحتقاره لها

وفى النهاية انتصر الدليل العلمى والمنطق العلمى على ما سواها من الاعتبارات وتدعمت أسس نظرية كبرنيق بدوران الأرض بأرصاد جاليليو التاريخية وبثبوت الاختلاف الظاهرى لمواقع النجوم فيما بعد عند ما تقدمت وسائل الرصد.

قوانين كبلر

وبينما كانت هذه المعركة الجدلية فى ذروتها كان الفلكى الهولندى (تيخو براهى) (١٥٤٦ — ١٦٠١) يتابع رصد الكواكب السيارة المختلفة ومواقعها فى السماء على مرور الأيام والسنين الطويلة بدقة فائقة أتاحت لمعاصره

الألمانى (كبلر) (١٥٧١ - ١٦٣٠) أن يستنبط منها القواعد الأساسية لحركة الكواكب السيارة وقد عرفت فيما بعد بقوانين كبلر وهى :

أولا — تدور الكواكب السيارة جميعها حول الشمس فى مدارات بيضية تحتل الشمس إحدى بورتيها .

ثانيا — الخط الواصل بين كل من الكواكب السيارة والشمس يرسم من مداره مساحات متساوية فى أزمنة متساوية

بمعنى أنه لو فرضنا ا ب حـ ى (شكل ٨) مدار أحد الكواكب السيارة حول الشمس س التى تحتل احدى بؤرتى المدار وفرضنا أن السيار قد تحرك فى مداره من ا إلى ب أثناء شهر من الزمن وليكن شهر يناير ثم انتقل من حـ إلى ى أثناء شهر من الزمن وليكن يوليه فان مساحة القطاعين ا ب س ، حـ ى س متساويتان

(شكل ٨) مدار كوكب سيار بالنسبة للشمس س وفق قوانين كبلر

ولما كان السيار فى حـ ، ى أقرب إلى الشمس منه فى ا ، ب فلأجل أن يتحقق هذا الشرط وهو تساوى المساحتين ا ب س ، حـ ى س يجب أن يكون القوس حـ ى أطول من القوس ا ب . وبما أن القوسين المذكورين قد قطعا فى فترتين متساويتين من الزمن استنتجنا أن كل سيار يكون أسرع فى حركته كلما كان أقرب إلى الشمس وأن سرعة السيار فى مداره ليست ثابتة .

ثالثا — أن مربعات الأزمنة لدورات الكواكب السيارة حول الشمس تتناسب تناسبا طرديا مع مكعبات متوسط المسافات بينها وبين الشمس .

فلو فرضنا أن المشترى يتم دورته حول الشمس فى زمن قدره ن وأن متوسط بعده هو ى وأن زحل يتم دورته حول الشمس فى زمن قدره نَ ومتوسط بعده منها هو ىَ فمن الممكن صياغة قانون كبلر الثالث فى الصيغه الرياضية الآتية :

$$\left(\frac{\text{ن}}{\text{نَ}}\right)^{\text{٢}} = \left(\frac{\text{ى}}{\text{ىَ}}\right)^{\text{٣}}$$

ويستطيع القارىء أن يحقق بنفسه صحة هذا القانون بالتعويض فى قيم ن ، نَ ، ى ، ىَ العددية من الجدول (صفحة ٤٣)

وقوانين كبلر هذه رغم أهميتها ليست سوى ترجمة لأرصاد تيكوبرا هى التاريخية ولكنها لا تفسر لنا لماذا كانت مدارات الكواكب السيارة بيضية وليست دوائر تامة مثلا كما زعم كبرنيق ولماذا يرسم الخط الواصل بين أى من الكواكب السيارة والشمس مساحات متساوية من مدراه فى أزمنة متساوية .

ولكن قانون الجاذبية العام للعالم الإنجليزى الشهير نيوتن (١٦٤٣ — ١٧٢٧) يفسرها تماما وهكذا تصبح قوانين كبلر قوانين طبيعية بل وفى الواقع نتائج القانون الجاذبية العام مع أنها اكتشفت قبله .

قانون الجاذبية العام

منطوق القانون :

«كل جسم فى الوجود مهما كان تركيبه الكيماوى أو الطبيعى يجذب إليه»
«كل جسم آخر بقوة تتناسب تناسبا طرديا مع حاصل ضرب كمية المادة فى كل منهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما»

فمن مظاهر هذه الخاصية التى أودعها الله فى الأجسام المادية كافة سقوط الأجسام نحو الأرض فنحن إذا حاولنا أن نقذف بكره رأسيا إلى أعلا فلا تلبث بعد قليل أن تعود إلى الأرض بفعل الجاذبية وإذا قذفنا الكرة فى إتجاه مائل عن الرأسى فإنها ترسم مسارا منحنيا ثم تعود ثانية إلى الأرض على بعد من النقطة التى قذفت منها يتوقف طوله على قوة قذفها وزاوية إتجاهها ويعزى ذلك أيضا إلى فعل الجاذبية .

ويتحرك القمر حول الأرض بسرعة تقدر بنحو ألفين وثلثمائة ميل فى الساعة وينحنى مساره باستمرار نحو الأرض كما هو الحال فى المثال الأخير من الأمثلة السابقة — ولكن دون أن يسقط إلى الأرض ولولا هذا الإنحناء المستمر نحو الأرض لبعد القمر فى الفضاء ولا نتهى به سفر سنة واحدة إلى مكان سحيق فى الفضاء يساوى نحو عشرين مليون ميل بدلا من بعده الثابت تقريبا وقدره مائتين وأربعين آلاف ميل .

ولقد عزا السير إسحق نيوتن هذا الإنحناء المستمر فى مسار القمر نحو الأرض إلى التجاذب المتبادل بينهما ذلك التجاذب الشبيه فى نوعه بسقوط الأجسام نحو الأرض فى الأمثلة الأولى وأن اختلف فى مظهره وقاده تفكيره

السليم إلى اكتشاف أن هذا التجاذب من خاصية الأجسام كلها مهما كان تركيبها الكيماوى أو الطبيعى وأنه موجود بالفعل بين جميع الأجسام ولو أننا فى كثير من الأحيان لا نكاد ندرك أثره .

ولو فكرنا قليلا فى سر بقائنا على الأرض الكروية وفى اى نقطة منها ولأولئك الذين يعيشون فى نصف الكرة الجنوبى — والذين عند ما تذكر أن الأرض كروية نشفق لأول وهلة أن يسقطوا منها فى الفضاء العظيم — لولا ما أودعه الله فيهم وفى الأرض من قوة الجاذبية التى تحول فى كل وقت دون أن يفلتوا من قبضتها الخالدة .

ومن آثار الجاذبية هذا الغلاف الهوائى الذى يحيط بالأرض والذى لولاه لاستحالت الحياة على سطحها فجزئيات الهواء تنطلق فى جميع الإتجاهات بسرعة تقدر بمئات الأمتار فى الثانية ولكن قبضة جاذبية الأرض عليها أقوى من أن تتيح لها الإنتشار فى الفضاء . ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة جاذبية الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية .

ولقد وجد نيوتن أن قوة الجاذبية لجسم ما تزداد أطرادا بازدياد كتلته ولما كانت الأرض من الضخامة بحيث يحقر بجانبها كل شىء آخر على سطحها لم ندرك بادىء الأمر أثر الجاذبية فيما عداها من الأجسام وحسبنا دائما أن قوة الجاذبية من خصائص الأرض وحدها دون غيرها مع أنها من خواص الأجسام كلها صغيرها وكبيرها ومهما كان شكلها أو تركيبها والسبب فى أننا لا ندرك أثرها فى الأجسام العادية هو ضآلة مقاديرها .

ومع ذلك فقد أمكن عمل التجارب المختلفة لقياس الجاذبية بين الأجسام وتحقيق قانون الجاذبية مما يجده القارىء فى كتب الطبيعة .

فلو فرضنا أن جسمين المسافة بين مركزى ثقليهما تساوى سنتيمترا واحدا وأن قوة التجاذب بينهما تساوى ٣٦ وحدة من وحدات القوى مثلا فانه عند ما تكون المسافة بينهما ٣ سنتيمتر بدلا من واحد تصبح قوة التجاذب بينهما ٩ وحدات بدلا من ٣٦ . أى الربع وعند ما تصير المسافة بينهما ٣ سنتمترات تصبح قوة التجاذب بينهما ٤ وحدات وهكذا .

ولما كانت المسافة بيننا جميعا وبين مركز الأرض (وهى مركز الثقل لها) واحدة نجد أن التجاذب المتبادل بيننا وبين الأرض يختلف كمية باختلاف مقدار الكتله فى كل منا وهو ما نعبر عنه بأوزاننا

ولما كانت الأرض غير كاملة التكور وان قطرها الواصل بين قطبيها أقصر من قطرها الاستوائى فقوة التجاذب بين الأرض وجسم معين تختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض فيكون وزنه أكبر ما يكون عند أحد القطبين وأصغر ما يكون على محيط خط الاستواء

والجذب الذى تجذب به الأرض فى مكان ما طنا من الرصاص يساوى الجذب الذى تجذب به الأرض طنا من الورق أو طنا من الماء وهذه هى الحقيقة العلمية التى تقوم عليها شئون التجارة بين الناس

فاذا عرفنا هذا استطعنا تقدير كتلة المادة التى تحتويها الأرض من حساب مقدار جذبها لطن من الرصاص أو لكرة صغيرة قذفت فانحنى مسارها إلى أن

سقطت إلى الأرض أو القمر فى دورانه الدائب حول الأرض. ومن هذه الطرق أمكن استنباط وزن الأرض ويقدر بنحو ٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٠٠٠ر٦ طن

ومن معرفتنـــا لحركة جسمين متجاذبين كالقمر والأرض أو الأرض والشمس يمكن تحقيق قوة التجاذب بينهما التى يترتب عليها هذه الحركة الدائبة ومن معرفة وزن الأرض يمكن استنباط وزن الشمس والتقديرات الحديثة تدل على أن وزن الشمس يعادل أكثر من ثلثمائة الف مرة وزن الأرض

من أجل ذلك كانت قوة جذب الشمس عظيمة حتى على أبعد السيارات أو المذنبات التى تدور حولها . وهذا الدوران للسيارات كلها والمذنبات هو نتيجة التجاذب بينها وبين الشمس كما أن سقوط الأجسام إلى الأرض دليل التجاذب بينها وبين الأرض سواء بسواء . ولولا هذه القبضة القوية للشمس على السيارات والمذنبات لانطلقت هذه فى الفضاء إلى غير عودة . ولما كان هذا الدوران غير المنقطع لها حول الشمس

ولقد فسرت قوانين كبلر الثلاثة فى ضوء قانون الجاذبية العام على الوجه الآتى

القانون الثانى: أن القوة التى تحرك الكوكب السيار فى مداره إتجاهها دائما فى الخط الواصل من الكوكب السيار للشمس

القانون الأول : القوة على أى كوكب سيار تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينه وبين الشمس .

القانون الثالث : أن القوى التى تؤثر على الكواكب السيارة تتناسب تناسبا طرديا مع أوزانها وتناسبا عكسيا مع مربعات أبعادها المختلفة من الشمس

اكتشاف الكواكب السياره

« أرانوس ونبتون وبلوتو »

ذكرنا آنفا أن القدماء كانوا يعرفون من الكواكب السيارة خمسة هم عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل وقد رأينا كيف ثبت فى فجر القرن السابع عشر أن الأرض كوكب سيار .

وفى عام ١٧٨١ رأى السير وليم هرشل جسما غريبا فى منظاره فوصفه بأنه نجم سديمى أو مذنب ولكن الأرصاد العديدة التى أخذت له بعد ذلك أثبتت أن هذا الجسم الغريب كوكب سيار وأسماه الفلكيون « أرانوس »

وقد دل البحث بعد ذلك على أن ثمة إرصاد كثيرة أخذت له قبل ذلك التاريخ باعتباره نجما لا كوكبا سيارا وقد أتاحت هذه الارصاد حساب مداره حول الشمس ومواقعه فى الأزمنة المستقبلة .

غير أنه لوحظ بعد ذلك وعلى مرور السنين أن حركة أرانوس فى السماء لاتطابق المواقع المستنبطه بالحساب تطابقا تاما ومع أن الفرق بينهما طفيف لم يعدو دقيقتين قوسيتين ألا أنه لم يكن هناك مايبرره . فمواقع السيار المستنبطة بالحساب قد وجدت بعد حساب قوى الجاذبية عليه من الشمس والكواكب السياره الأخرى جميعها على أساس قانون الجاذبية

فليس ما يبرر وجود هذا الاختلاف إلا أحد أمرين الأول أن يكون قانون الجاذبية العام الذى استنبطت على أساسه مواقع السيار بالحساب قانونا

غير طبيعى فيكون الخطأ فى جانب الحساب والثانى أن يكون هناك جسم آخر غير معروف يؤثر فى أرانوس بالجذب .

ولقد تمكن إثنان من نوابغ الرياضيين « آدمز » الأنجليزى و« لافرييه » الفرنسى من حل هذه المسألة مستقلين أحدهما عن الآخر بفرض وجود سيار ثامن فحسبا مواقعه فى السماء من مقدار تأثيره بالجاذبية فى أرانوس عام ١٨٤٥ .

وبالفعل عندما صوب الفلكيون مراقبهم الضخمة إلى المواقع من السماء التى أشار بها آدمز ولافرييه وجدوا هذا الكوكب السيار المنشود فكان هذا إنتصاراً لنظرية الجاذبية لا يعادله انتصار آخر فى ميادين البحث العلمى وأسموه « بنتون » .

ولقد كان من الطبيعى أن يتابع الفلكيون أرصادهم على هذا الكوكب السيار كما فعلوا فى أرانوس ليروا كيف تحقق الأرصاد الفلكية المواقع المستنبطة بالحساب على أساس نظرية الجاذبيه العامة ولقد تبينوا إختلافا طفيفا بينهما يشابه ماوجدوه بادىء الأمر فى حالة أرانوس فاستنتجوا فى الحال وجود كوكب سيار تاسع .

ولقد أتم الدكتور « لويل » بمرصد فلاجستاف بأريزونا بحثه النظرى عن هذا السيار وفى ١٢ مارس ١٩٣٠ أعلن اكتشافه خلال المنظار ولكن بعد وفاة « لويل » ولقد سمى السيار الجديد بلوتو اشتقاقا من الأسطورة اليونانية لأن بلوتو أخ المشترى ونبتون وابن زحل .

ولا يصغرن من قيمة هذا الاكتشاف أن الطريقة العلمية التى استخدمت في اكتشافه هى بعينها الطريقة التى استخدمت فى اكتشاف نبتون . إذ يجب أن نتذكر أن هذا السيار يبدو ضئيلا بحيث أن أصغر النجوم التى ترى بالعين المجردة ألمع منه بنحو ١٦٠٠ مرة ولهذا كان اكتشافه من المسائل الفنية الصعبة .

وبلوتو هو آخر ما اكتشف من الكواكب السيارة ولم يمض من الوقت ما يكفى للحكم باحتمال وجود سيارات أخرى .

الكوكب السيار	مدة دورته حول الشمس	متوسط بعده من الشمس باعتبار بعد الأرض = ١	قطره بالميل	عدد أقماره	وزنه باعتبار وزن الأرض = ١	كثافته	مدة دورته حول نفسه	متوسط سرعته فى مداره بالميل في الثانية
عطارد	٨٨ يوما	٠,٣٩	٣٠٠٠	٠	٠ر٠٤	٣ر٨	٨٨ يوم	٣٥-٢٣
الزهره	» ٢٢٥	٠,٧٢	٧٠٠٠	٠	٠ر٨٣	٥ر٢	» ٢٢٥	٢٢
الأرض	» ٣٦٥,٢٥	١,٠٠	٧٩٢٦	١	١ر٠٠	٥ر٥	٢٣ س ٥٦ ق	١٨,٥
المريخ	١,٨٨ سنة	١,٥٢	٤٢٠٠	٢	ر١١	٣ر٩	٢٤ ٣٧	١٥
المشترى	» ١١,٨٦	٥,٢٠	٨٨٧٠٠	٩	٣١٨٤	١ر٣	٩ ٥١	٨
زحل	» ٢٩,٤٦	٩,٥٤	٧٥١٠٠	٩	٩٥ر٢	ر٧	١٠ ١٤	٦,٥
أرانوس	» ٨٤,٠٢	١٩,١٩	٣٠٩٠٠	٤	١٤ر٦	١ر٤	١٠ ٤٥	٤
نبتون	» ١٦٤,٧٩	٣٠,٧٠	٣٣٠٠٠	١	١٦ر٩	١ر٣	٧ ٥٠	٣,٥
بلوتو	» ٢٥٠,٠٠	٤٠,٠٠	٣٦٠٠		—	—	—	—

ويتضح من هذا الجدول أجمالا أن اكبر الكواكب السيارة كتلة وحجما المشترى وزحل ويقعان فى الوسط بالنسبة لمجموعة الكواكب السيارة وهما أكثر أقمارا وتقل الكتلة والحجم وعدد الاقمار اضطرادا نحو الطرفين فى المجموعة ويلاحظ أيضا أن متوسط سرعة السيار فى مداره تزيد اضطرادا كلما كان قريبا من الشمس فهى تتراوح بين ٢٣ إلى ٣٥ ميل فى الثانية لعطارد وتبلغ ٣،٥ ميل فى الثانية لنبتون وكذلك مدة دورة السيار حول نفسه تزيد اضطرادا مع قربه من الشمس .

والآن فسنتكلم عن كل منها بشيء من التفصيل .

عطارد ـ هو أقرب الكواكب السيارة من الشمس وهو صغير الحجم إذ أن قطره يساوى ثلاثة آلاف ميل فهو اكبر من القمر بنحو ٤٠ فى المائة وليس له أقمار ويبلغ وزنه خمسة فى المائة من وزن الأرض ولقربه من الشمس فرؤيته نادرة ويرى فى المنظار كهلال عندما يكون قريبا من الشمس وكنصف قمر عنـــدما يكون بعده الزاوى من الشمس ٢٨ درجة وهو أقصى بُعد يصل إليه

وهو كالقمر لا تحيط به طبقة هوائية نظرا لصغره ويبلغ بعده من الشمس عندما يكون فى نقطة الرأس ٢٩ مليون ميل وفى نقطة الذنب ٤٢ مليون ميل

الزهرة ـ هى أشبه الكواكب السيارة بالأرض فقطرها يساوى ٧٦٠٠ ميل ووزنها أربعة أخماس وزن الأرض وليس لها أقمار وتحيط بها طبقة هوائية كثيفة تحجب عن الراصد رؤية مميزات سطحها

ومدة دورتها حول محورها تساوى على الأرجح مدة دورانها حول الشمس أعنى ٢٢٥ يوما ولذلك يتعرض دائما نصف سطحها نحو الشمس ويبقى النصف الآخر محتجبا .

وليس من المحقق وجود الأكسجين أو بخار الماء فى الطبقة الهوائية التى تحيط بالزهرة .

المريخ — ويبلغ قطره ٤١٠٠ ميل ويدور حول محوره مرة فى كل ٢٤ ساعة و٣٧ دقيقة وحول الشمس مرة كل ٦٨٧ يوما فهو يشبه الأرض كثيرا من هذه الوجوه وفضلا عن ذلك فان دائرته الاستوائية تميل على مستوى مداره حول الشمس بمقدار ٢٥ درجة .

ولهذا السبب نجد أن له فصولا تشابه الفصول الفلكية على سطح الأرض ولما كان الاختلاف المركزى لمداره كبيرا فان بعده من الأرض عند الاستقبال يتراوح بين ٣٥ و٦٢ مليون ميل .

وللمريخ قمران اكتشفا عام ١٨٧٧ أحدهما يسمى (فوبوس) والآخر يسمى (ديموس) وهما صغيران تتراوح أقطارهما بين ١٠ أميال وخمسين ميل ويدور الأول حول المريخ فى ٧ ساعات و٣٧ دقيقة والثانى فى ٣٠ ساعة و١٨ دقيقة ونظرا للتشابه الكبير فى جرمى المريخ والأرض مال الكثيرون إلى الاعتقاد بوجود الحياة على سطحه وأثارت هذه المسألة اهتمام الفلكيين منذ أواخر القرن الماضى حتى أوائل هذا القرن .

ولقد دلت الأبحاث العديدة التى عملت لهذا الغرض على أن المناطق

الشمالية فى المريخ تصل إلى ٧٠ درجة سنتجراد تحت الصفر وتتراوح درجة الحرارة فى المناطق الوسطى بين ١٠ درجات و ٢٠ درجة عند الظهر فى المريخ فوق المناطق التى سميت (خطأ) « بحار المريخ » وبين ٥ درجات فوق الصفر و٥ درجات تحت الصفر فوق البقاع المسماه (قارات المريخ)

أما ليل المريخ فشديد البرودة إذ تصل درجة الحرارة عليه ٤٥ درجة تحت الصفر قبيل شروق الشمس عليه وحوالى الصفر عند شروقها .

ولقد أثبت التحليل الطيفى وجود بخار فى الطبقة الهوائية المحيطة به . ويوجد عند قطبيه طبقات من الجليد .

ومع أن التغيرات الموسمية على سطحه تدل على وجود نوع من الحياة النباتية على سطحه إلا أنه من المرجح عدم وجود أحياء عاقلة على سطحه وأن مظاهر الحياة عليه أشبه شىء بالحياة على الأرض بعد ملايين أخرى من السنين عندما تقل طاقة إشعاع الشمس التى نستمدها منها الآن عما هى عليه.

المشترى ـ هو أكبر الكواكب السيارة ويبلغ قطره الاستوائى ٨٨٫٧٠٠ ميل وقطره الواصل بين قطبيه ٨٢٫٧٠٠ ميل ويبلغ وزنه $\frac{1}{1047}$ من وزن الشمس أو مايزيد عن وزن جميع الكواكب السيارة الأخرى وكثافته ١٫٣٤ من كثافة الماء ويبلغ عدد أقماره تسعه أكبرها التى إلى الداخل وهى التى اكتشفها جاليلو عند اختراع المنظار وتتفاوت أقطارها بين ٢٠٦٠ ميل و٣٥٨٩ ميل ومدة دوراتها حول المشترى تتراوح بين يوم واحد و$16\frac{2}{3}$ يوم

وتدور السبعة أقمار القريبة من المشترى حوله فى نفس الاتجاه أما الاثنان البعيدان فيدوران حوله فى اتجاه مضاد .

ومما هو جدير بالملاحظة أن مستوى مدارات الأربعة أقمار التي للداخل لا تبعد كثيرا عن مدار المشترى حول الشمس كما أن مستوى مدار المشترى حول الشمس لا يبعد كثيرا عن مستوى الدائرة الكسوفية . ولهذا السبب تبدو أقمار المشترى تتحرك فى خط مستقيم من أمام الكوكب السيار العظيم أو من خلفه .

وقد راقب الفلكيون حركة أقمار المشترى منذ اكتشافها وحسبوا أوقات عبورها فوقه أو كسوفها خلفه وسرعان ما لاحظوا أن المشترى عندما يكون فى الاستقبال - حيث يكون أقرب ما يمكن للارض - يحدث كسوف أقماره قبيل الأوقات المستنبطة بالحساب بدقائق معدودة وعند ما يكون المشترى أبعد من الأرض من بعده المتوسط يحدث الكسوف بعد الأوقات المحدودة بالحساب .

ولقد هيأت هذه الظاهرة الفلكية الظروف لاكتشاف من أهم الاكتشاف العلمية فقد عللها الفلكى الهولندى أولوس رومر عام ١٦٧٥ بأن للضوء سرعة محدودة وتمكن من دراسة هذه الظاهر من استنباط سرعة الضوء .

ومن السهل أن نرى أنه لو كانت سرعة الضوء غير محدودة - كما كان يظن قبل ذلك - فأن كسوف أحد أقمار المشترى يراه الراصد على سطح الأرض فى نفس اللحظة التى يقع فيها بصرف النظر عن البعد بين الأرض والمشترى .

ويرى على سطح المشترى من خلال المشترى نطاق رائع المنظر على جانبي دائرته الاستوائية .

وفى عام ١٨٧٧ شوهد على سطحه بقعة بيضية لونها أحمر فاتح ولوحظ مع مرور الزمن أنها تزداد احمرارا مع مرور الزمن حتى تلاشت عام ١٩١٩

وقد لوحظ أن مدة دوران المشترى حول نفسه عند المناطق الاستوائية تسع ساعات وخمسون دقيقة وعند القطبين نحو تسع ساعات وخمسين دقيقة فهو يشبه الشمس من هذه الناحية .

وليس هناك شك فى أن المشـــترى تحيط به طبقة كثيفة من الهواء ويلاحظ أن كثافته ($\frac{1}{3}$ ١ كثافة الماء) تساوى تقريبا الكثافة المتوسطة للشمس ولذا اعتقد بعض العلماء أن المشترى جسم غازى وأن درجة حرارته ليست كافية لتجعله يشع الضوء كالشمس .

ولكن العالم الرياضى هارولد جفرى استنتج من البحث النظرى عام ١٩٢٤ أن المشترى مكون من قلب صخرى يحيط به طبقة من الثلج يقدر سمكها بآلاف الأميال تعلوها طبقة هوائية ولقد أيدت الأرصاد الراديومترية هذه النتيجة .

زحل ـ من أجمل الأجرام السماوية منظرا وهو فريد فى شكله إذ تحيط به حلقات رائعة المنظر وهو يلى المشترى حجما وهو مثـــله مفرطح عند القطبين ويبلغ طول قطره الاستوائى ٧٥٫١٠٠ ميل وقطره الواصل بين قطبيه ٦٧٫٢٩٠ ميل وله تسعة أقمار يدور الذى إلى الخارج منها فى اتجاه مضاد.

واستنتاج جفرى السالف الذكر عن المشترى يمكن تطبيقها على زحل. وهو كالمشترى من حيث حول دائرته الاستوائية نطاق واضح . وتبلغ مدة دورة

حول نفسه عند النقط الاستوائية من سطحه حوالى عشر ساعات وربع وتزيد مدة الدورة فى النقط البعيدة من الدائرة الاستوائية كما هو الحال فى المشترى .

وكان كاسينى أول من لاحظ فى عام ١٦٨٥ أن حلقات المشترى غير متصلة — كما كان يظن قبل أن تتقدم صناعة المراقب — ورغم أنها مكونة من حلقتين أطلق على التى إلى الخارج منهما الحلقة ا والأخرى ب يفصلهما قسم مظلم سمى « فاصل كاسينى » وفى أوائل القرن الماضى اكتشف « إنك » فاصلا مظلماً آخر فى ا سمى بأسمه .

وفى عام ١٨٥٠ اكتشف كل من بوند ودوز مستقل أحدهما عن الآخر إمتداداً للجزء ب إلى ناحية المشترى سمى « الحلقة الكريبية » .

وتدل أبحاث كيلر عام ١٨٩٥ وأرصاده أن كلا من هذه الحلقات تتكون من أجسام دقيقة غاية فى الصغر تدور حول زحل بسرعة تزيد كلما كانت أقرب إلى زحل أو بمعنى آخر فهى أقمار فى ذاتها .

وفى عام ١٩١٧ لاحظ الكبتن إينزلى أن زحل عندما يمر أمام أحد النجوم يحجب كثيراً من ضوئها عندما يكون النجم فى إتجاه الحلقة ا وعندما يكون النجم فى إتجاه فاصل كاسينى يبدو لامعا لمعانه العادى كأنه غير محتجب بشىء فاستنتج أن هذه الفواصل خالية من المادة خلواً يكاد يكون مطلقاً .

ويبلغ سمك قسم كاسينى ٣٠٠٠ ميل .

أرانوس ونبتون وبلوتو : للأول منها أربعة أقمار تدور حوله فى إتجاه تقهقرى فى مدارات عمودية على مدار أرانوس حول الشمس وهى ظاهرة غريبة فى النظام الشمسى ويدور أرانوس حول نفسه مرة فى كل إحدى عشر ساعة .

أما نبتون فله قمر واحد يدور حوله فى إتجاه تقهقرى أيضا ويتم نبتون مداره حول الشمس فى ١٦٥ سنة فكأنه قد قطع منذ اكتشافه عام ١٨٤٦ مايزيد قليلا عن نصف مداره .

ويقدر بعده من الشمس بنحو ثلاثين مرة بعد الأرض أو مايعادل ألفين وثمانمائة مليون ميل .

أما بلوتو فلم يعرف عنه للآن أكثر مما يوجد فى الجدول السابق سوى أن درجة الحرارة على سطحه تبلغ ٢٣٠ درجة مئوية تحت الصفر .

النجيمات

وضع بود عام ١٧٧٢ قاعدته المعروفة بقانون بود عن أبعاد الكواكب السيارة المختلفة من الشمس وفحوى هذه القاعدة أننا لو وضعنا الأعداد صفر ، ١ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ ، ٦٤ وضربنا كل منها فى العدد ٣ وأضفنا إلى حاصل الضرب العدد ٤ فان الأعداد الناتجة تمثل على وجه التقريب أبعاد الكواكب السيارة من الشمس كما يتبين من الجدول الآتى وفى السطر الثانى الأعداد المستنبطة بقانون بود وفى السطر الثالث الأبعاد الحقيقية على اعتبار أن بعد الأرض يساوى ١٠ وحدات .

صفر	١	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦
٤	٧	١٠	١٦	٢٨	٥٢	١٠٠	١٩٦	٣٨٨	٧٧٢
٣ر٩	٧ر٣	١٠	١٥ر٢	×	٥٢ر٠	٩٥ر٤	١٩١ر٩	٣٠٠ر٧	
عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ		المشترى	زحل	أرانوس	نبتون	

ولقد لوحظ أن بين المريخ والمشترى مكاناً خالياً من أحد أفراد المجموعة الشمسية المعروفة وبرغم أن هذه القاعدة ليست قانوناً طبيعياً فقد أثار وجود هذا الفراغ إهتمام الفلكيين وصاروا يبحثون عن السيار المفقود طويلاً حتى كان أول يناير عام ١٨٠١ حين أعلن الفلكى الإيطالى « بيازى » إكتشاف جرم سماوى لم يكن معروفاً من قبل وبحساب مواقعه فى السماء فى أوقات مختلفة تبين أنه أحد أعضاء النظام الشمسى وسمى « سيرس » وقد وجد أيضاً أن مداره ينطبق على مدار السيار المفقود الذى كانوا يبحثون عنه تحقيقاً لقاعدة بود ولكنه لم يكن من الكبر بمقدار ما كانوا يتوقعون فإن قطره لا يزيد عن ٤٨٠ ميل أو ما يعادل خمس قطر عطارد .

وفى عام ١٨٠٣ أكتشف « أولبرز » سياراً صغيراً آخر سمى « بالاس » وظن الفلكيون أنه لابد وأن يكون هناك سيارات صغيرة أخرى مثلهما فصاروا يبحثون عنها حتى بلغ ما اكتشف منها فى نهاية عام ١٨٠٧ أربعة .

وفى عام ١٨٤٥ اكتشف الخامس وعندما أدخل « ماكس ولف » الفتوغرافيا فى الأرصاد الفلكية عام ١٨٧١ سهل البحث عنها حتى صار عدد ما اكتشف منها فى نهاية ١٩٢٦ ألفين تقريباً اكتشف ولف وحده منها أكثر من خمسمائة .

وقد وجد أن بعضها ضئيل الجرم جداً يبلغ قطره نحو ميلين أو ثلاثة وتقع مداراتها جميعاً مع استثناء واحد أو اثنين . بين مدارى المريخ والمشترى وبالنظر إلى كثرة عددها فقد رمز إليها بأعداد وللقليل منها بأسماء تخليداً لذكرى مكتشفيها مثل « بيازيا » تخليداً لاسم بيازى و « جوسيا » تخليداً لاسم الرياضى الألمانى الذى حسب مدارها و « البرزيا » تخليداً لاسم أولبرز

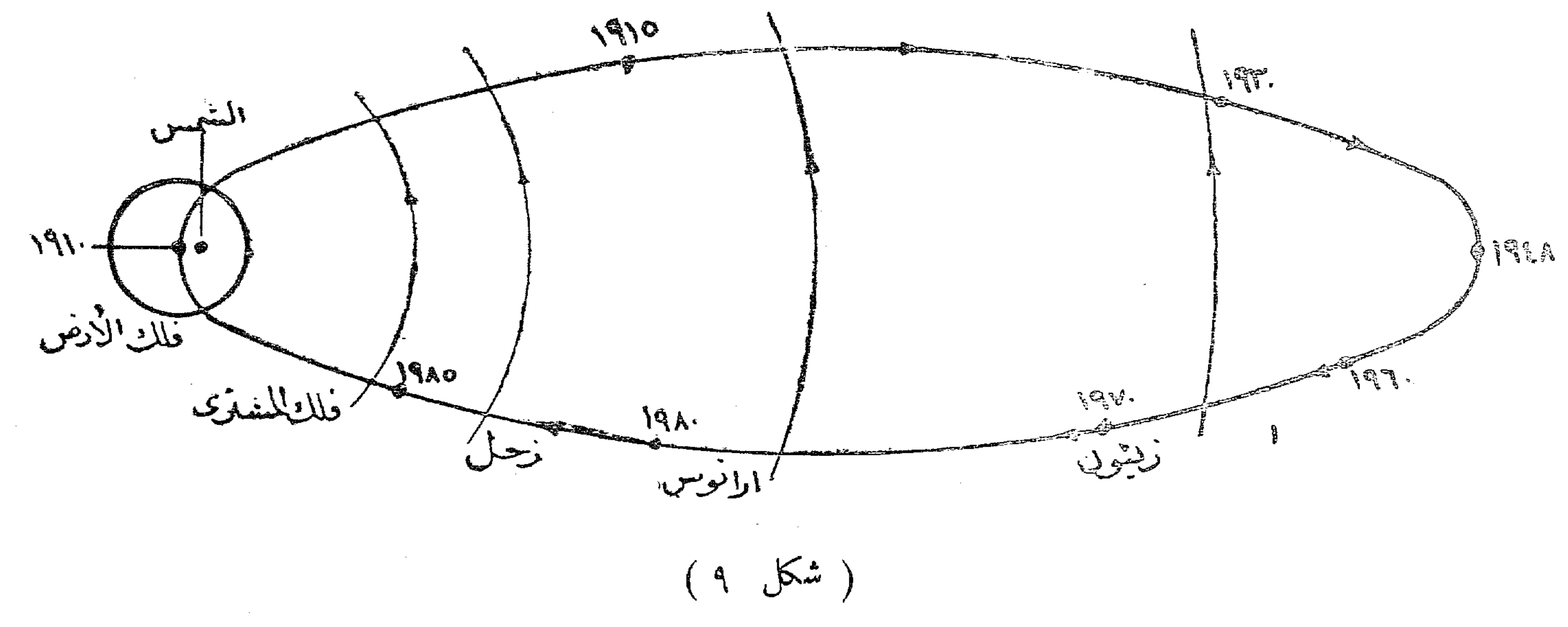
ومما هو جدير بالملاحظة أن هذه القاعدة لا تحقق بعد كل من نبتون وبلوتو بنفس الدقة التى تحقق بها بعد السيارات الأخرى فبينما أن بعد بلوتو الحقيقى يعادل ٤٠٠ إذا كان بعد الأرض ١٠ وحدات نجد أن العدد المقابل له فى الجدول كما يستنبط من قاعدة بود هو ٧٧٢

المذنبات

كان ظهور المذنبات قديما مصدرا للخوف والذعر وكان الناس يعتقدون أنها علامات على غضب المولى عز وجل

والمذنبات الكبيرة ثلاثة أجزاء رئيسية مميزة وهى : (١) الرأس وهو سحابى الشكل (٢) النواة وتقع فى وسط الرأس وتكون لامعة كالنجم (٣) والذنب ويبلغ طوله فى بعض المذنبات ملايين عدة من الأميال

والى ماقبل أواخر القرن السابع عشر لم تكن طبيعة المذنبات معروفة فكانت تفاجىء الناس بظهورها ثم تختفى بعد حين يطول أو يقصر وفى عام ١٦٨٢ ظهر مذنب كبير فزعم الفلكى الانجليزى « هالى » أنه هو نفس المذنب الذى ظهر قبل ذلك فى سنتى ١٦٠٧ ، ١٥٣١ ومن ثم حسب مداره وتنبأ بأنه سيعود للظهور مستقبلا فى سنتى ١٧٥٨ و ١٩١٠ وقد تحققت نبوته بالفعل وقد بنى هالى زعمه على أساس أن المذنبات من المجموعة الشمسية تدور حول الشمس فى مدارات تختلف عن مدارات السيارات فى أن الاولى ذوات اختلاف مركزى كبير بينما الثانية تكاد تكون دائرية وزعم أيضا أن اتجاه سيرها فى مدارتها حول الشمس مضاد لاتجاه سير السيارات . فبعضها يقترب من الشمس حتى يكون داخل مدار الارض ثم



(شكل ٩)

مسار مذنب هالى بالنسبة لمسارات السيارات ومواقعه اثناء دورة كاملة ابتداء من ١٩١٠

يبتعد عنها شيئاً فشيئاً حتى يخرج عن مدار المشتري أو مدار نبتون
(انظر شكل ٩)

ويبلغ عدد المذنبات التي تقرب في سيرها من مدار المشترى نحو خمسين مذنبا وتبدو المذنبات عندما تقترب من الأرض من أكبر الاجرام السماوية وأروعها منظرا ولكنها في الحقيقة من أقلها كتلة وربما لايزيد وزن أكبرها من جزء من مليون من وزن الأرض ويلاحظ في جميع المذنبات أن اتجاه الذنب يكون دائما متجها إلى الناحية الأخرى من الشمس فاذا كانت الشمس في ناحية الشرق فان الذنب يكون متجها إلى الغرب وإذا كانت الشمس في الغرب فان الذنب يكون متجها نحو الشرق وهذه الظاهرة تؤيدها الارصاد الطيفية تدلنا على أن المادة المكونة للذنب قليلة الكثافة جـــدا إلى درجة أن ضغط اشعاع الشمس عليها كاف لأن يوجهها في الاتجاه المقابل للشمس

وقد ثبت من التحليل الطيفي لضوء المذنبات أن بعضـــه تشعه بعض المركبات الكربونية في مادتها والبعض الآخر هو ضـــوء الشمس منعكسا عليها .

وهناك مذنبات صغيرة لاترى إلا بالمنظار وكثير منها ليس له ذنب وهو العلامة الهامة المميزة لهذا النوع من الأجرام السماوية ومتوسط مايرى منها بالمنظار في كل عام ستة .

الشهب والنيازك

الشهب أجسام صغيرة من النظام الشمسي تكون مجموعات كأسراب الطير رتسبح في الفضاء حول الشمس في مدارات بيضية وتتراوح أوزانها

بن أوقيات قليلة وأطنان مدة وعند تمر الأرض اثناء سيرها حول الشمس بمدار أحدى هذه المجموعات تجذبها إليها فتهوى نحوها فرادى بسرعة كبيرة ويتولد من احتكاكها بالطبقة الهوائية المحيطة بالارض حرارة شديدة فتشتعل ويذهب معظمها هباء فى الجو أما القليل جدا منها مما لاتكفى الحرارة المتولدة فيه بالاحتكاك مع الهواء لتبخره فيسقط إلى الارض وهو مايسمى عادة نيازك وترى فى المتاحف العلمية

وترى الشهب فى كل ليلة ويكثر عدد مايرى منها فى الليالى الغير قمرية لالسبب سوى أن ضوء القمر يحجب رؤية الكثير منها وهى فى بعض الأوقات أكثر منها فى غيرها ومعظمها يبلغ فى ضيائه درجة لمعان نجوم العين المجرده وبعضها يصل إلى درجة لمعان الزهرة أو المشترى

وهى ترسم باحتراقها فى الجو خطوطا لامعه وقد تمكث دقيقتين أوثلاثة ومنها مايصحبه صوت انفجار شديد وتسمى (الكرات النارية)

ومن الممكن تعيين ارتفاع هذه الشهب فوق سطح الأرض عند اشتعالها وتعيين سرعتها برصد خطوط سيرها بين النجوم من مكانين مختلفين على الأقل من سطح الأرض . وقد دلت مثل هذه الارصاد على أن ارتفاعها عند بدء رؤيتها نحو ٨٠ ميل وعند اختفائها نحو ٥٠ ميل وقد بلغ طول المسار الذى يرسمه بعضها مضيئا مئات عديدة من الأميال ومتوسط سرعتها داخل الطبقة الهوائية ٢٦ ميل فى الثانية

أما الكرات النارية فتكون عادة على ارتفاع ١٠٠ ميل وتتوغل أكثر

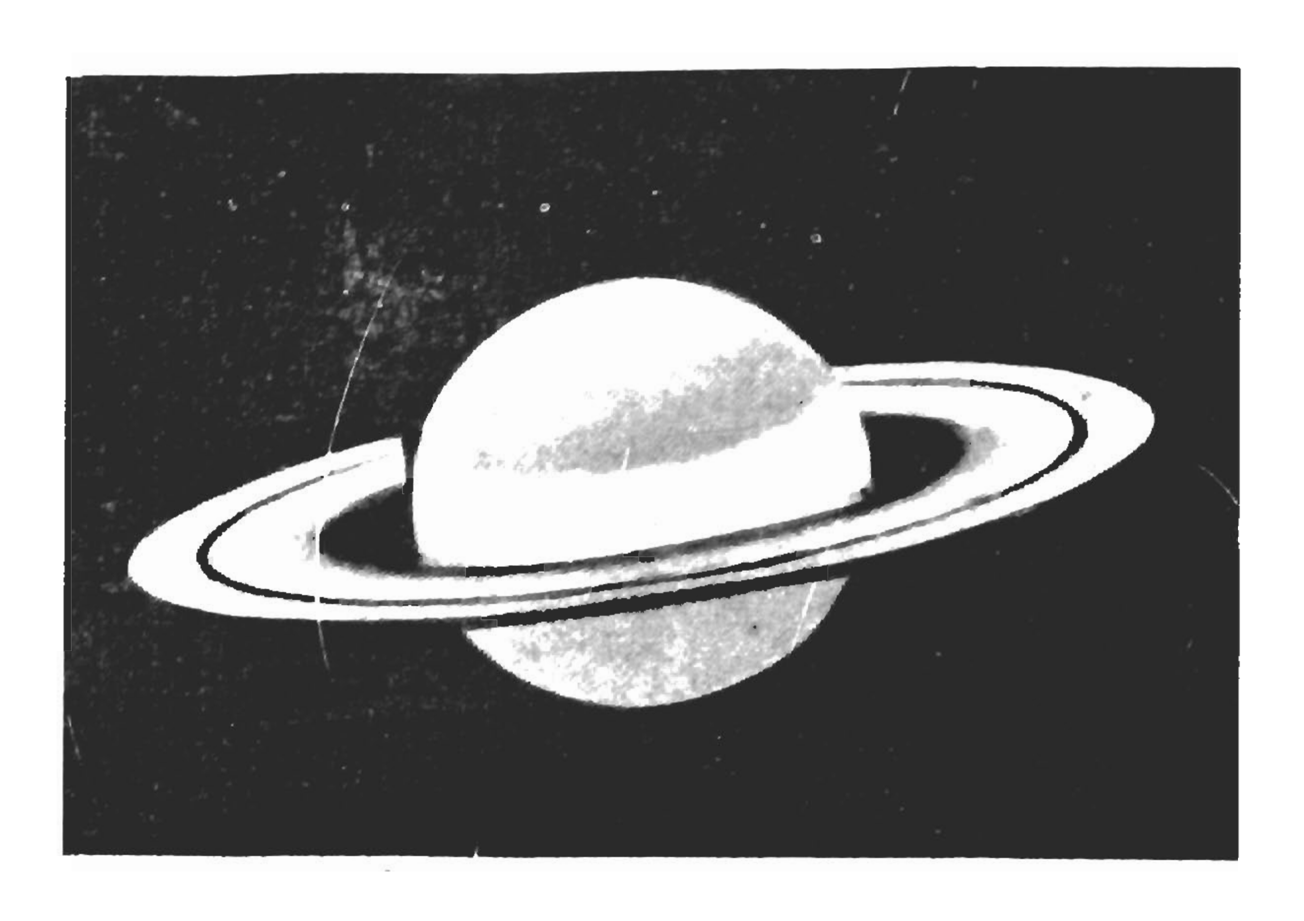
من غيرها فى الطبقة الهوائية وعند اختفائها تكون على ارتفاع يتراوح بين خمسة وعشرة أميال

ويتراوح عدد مايرى من الشهب فى الساعة الواحدة بين ستة ، وستين ويقدر عدد مايدخل منها الطبقة الهوائية يوميا بملايين عدة

وبتحليل ماوصل منها إلى الأرض وجد أن المواد الرئيسية فيها مكونة من الحجر الجيرى والمنجنيز والحجر السليسى مختلطة بحبيبات الحديد وقليل منها يحتوى على الحديد النقى متحدا مع النيكل بنسبة قليلة وعلى وجه العموم فليس بين العناصر المركبة لها عنصرا غير معروف على الارض

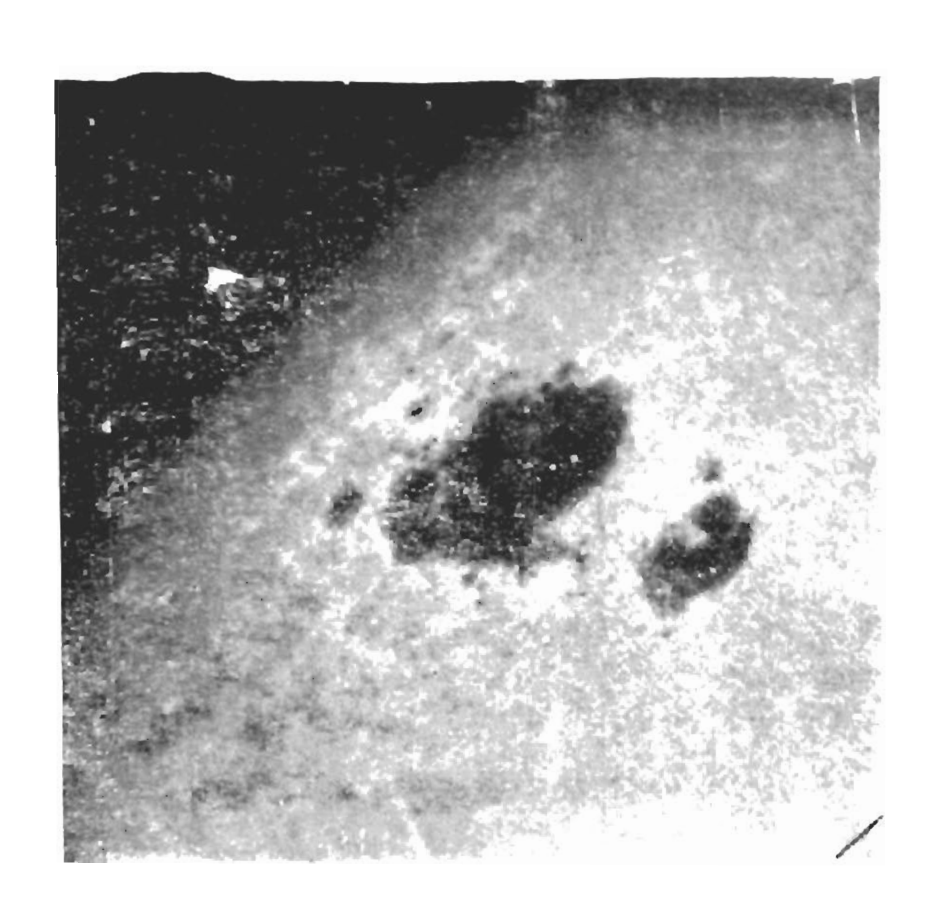
ولو أننا رسمنا اتجاهات سير مجموعات الشهب فى السماء لوجدنا أن كلا منها كانها تتشعع من نقطة واحدة فى السماء تسمى باسمها ويتساقط وابل من الشهب من كل مجموعة فى موسم معين وبعد دورة زمنية معينة وذلك لان الارض عندما تعبر مدارات هذه المجموعات سنويا تكون فى بعض السنين أقرب الى المجموعة منها فى مرة أخرى ويكون تأثيرها عليها أشد فتسقط الشهب بغزارة وعندما تكون الأرض فى نفس النقطة من مدارها فى العام التالى تكون المجموعة قد بعدت عنها فى مدارها فيقل تأثير جاذبية الارض عليها ويقل بالتبعية عدد مايسقط منها من الشهب

وتتوقف الدورة الزمنية لسقوط الشهب بغزارة من أى مجموعة على مدار هـــذه المجموعة حول الشمس ومدة دورتها حولها فالشهب الاسدية — نســـبة الى كوكبة الاسد التى تبدو كانها تتشع منهـا — تشاهد كل عام حوالى ١٤ نوفمبر ولـكنها تسقط بغزارة مرة فى كل ٣٣ سنة

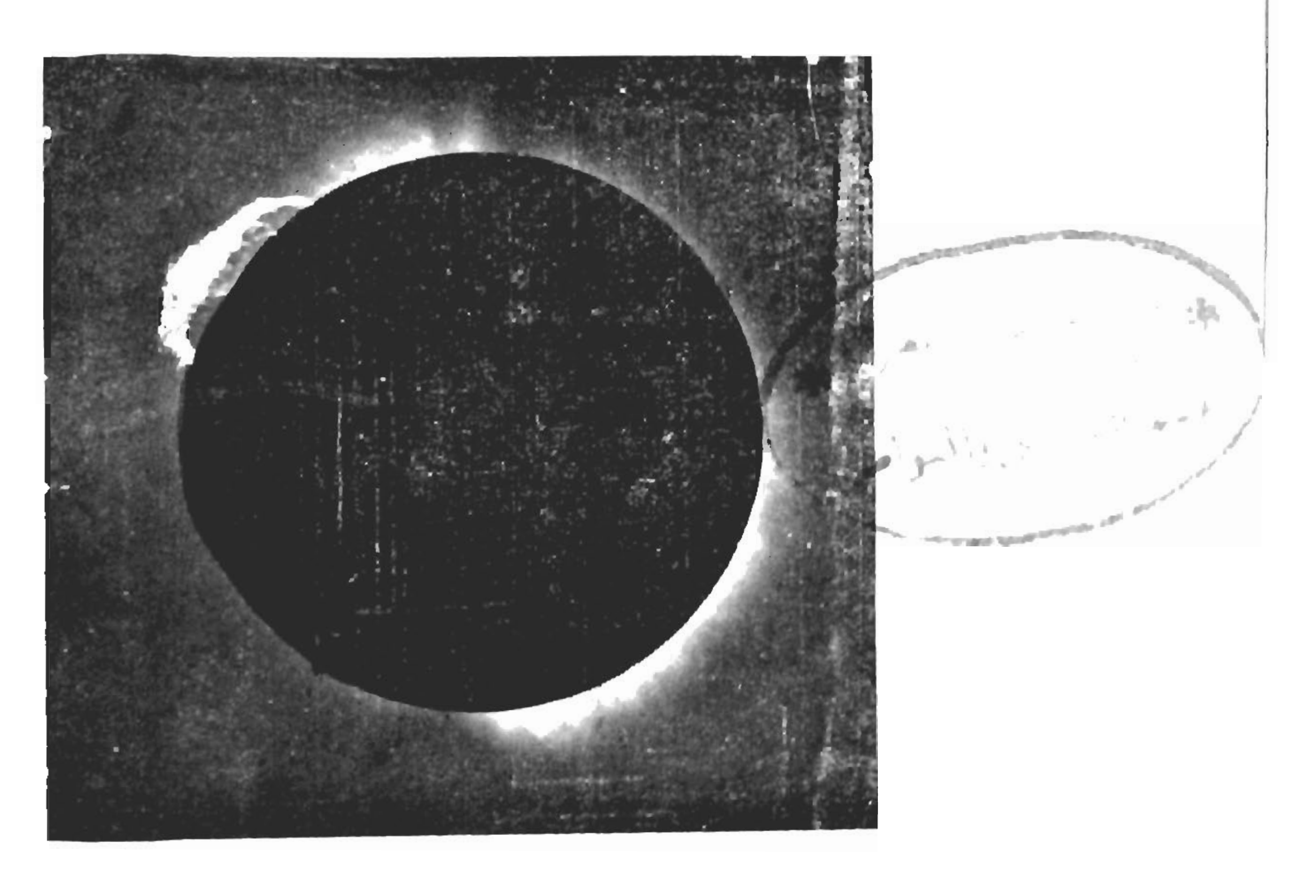


زحل

مذنب مورهوس نوفمبر عام ١٩٠٨



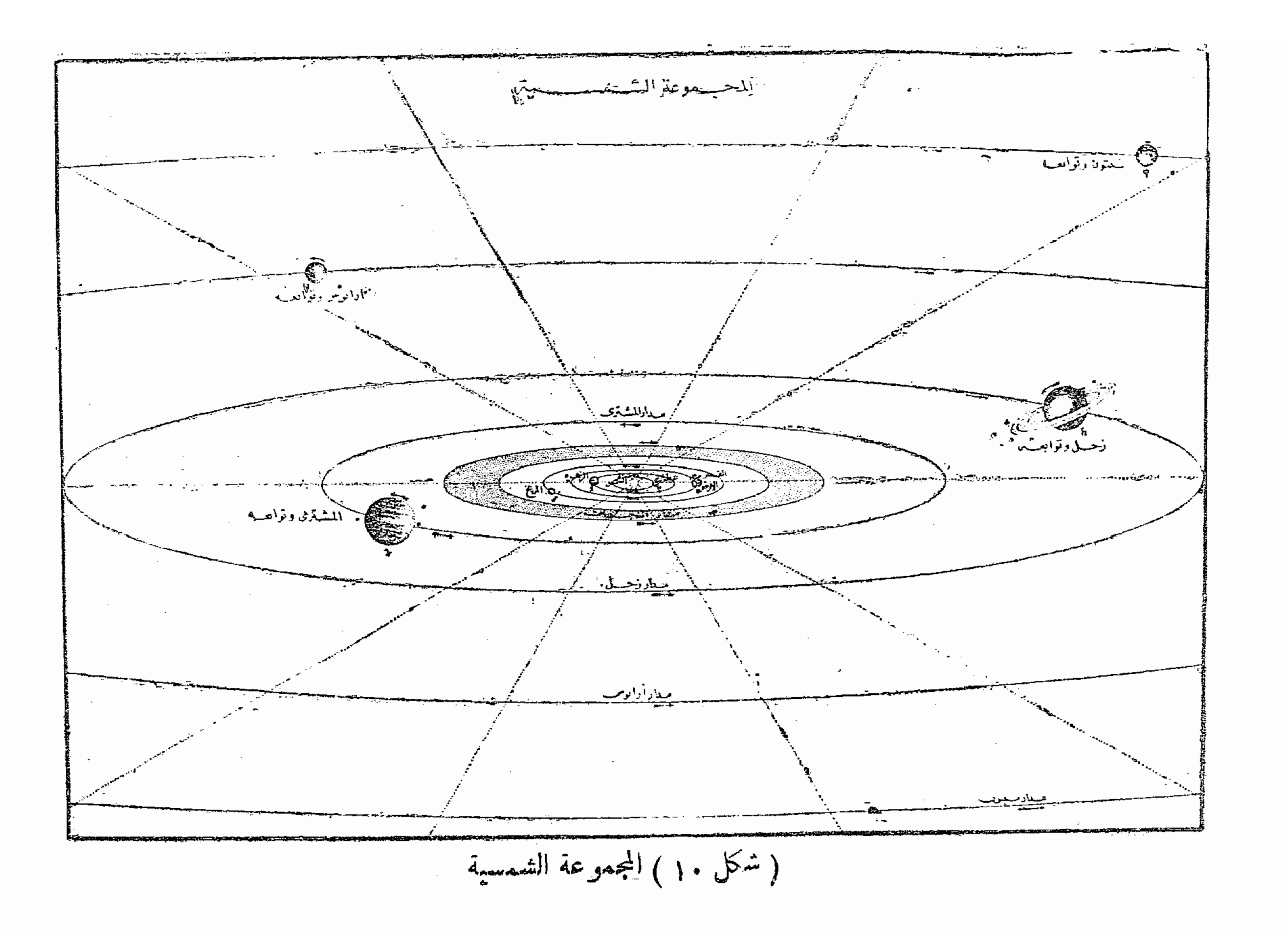
صورة فوتوغرافية لكلف الشمس فى ٢٠ يناير سنة ١٩٢٦



قرص الشمس أثناء كسوف كلى عام ١٩١٩ وفيه يظهر الاكليل
حول معظم القرص ولساناً ضخماً من اللهب

ارتباط الشهب بالمذنبات — شوهد مذنب (بيلا) الكبير لآخر مرة عام ١٨٤٥ وفي يناير من السنة التالية شوهد هذا المذنب منقسما إلى جزئين منفصلين وعند عودته للظهور عام ١٨٥٣ وجد أن المسافة التي تفصل بين جزئيه كبيرة وفي عام ١٨٥٨ اختفى هذا المذنب نهائيا غير أنه في عام ١٨٧٢ - حيث كان منتظرا ظهور هذا المذنب - تساقط وابل كبير من الشهب من اتجاه كوكبة المرأة المسلسلة وبحساب مدار نقطة تساقط الشهب وجد أنها تنطبق على مدار المفقود

وتدل هذه الظاهرة على احتمال تكوين الشهب من المذنبات المحطمة



(شكل ١٠) المجموعة الشمسية

الباب الثالث

الشمس - الأرض - القمر

سنتكلم هنا عن النيرين الشمس والقمر وعن الأرض من الناحية الفلكية في شيء من التفصيل لأهميتها الخاصة بالنسبة إلينا . وسنبدأ الكلام عن الشمس باعتبارها - في النظريات الكونية الحديثة - أم الأرض وجدة القمر

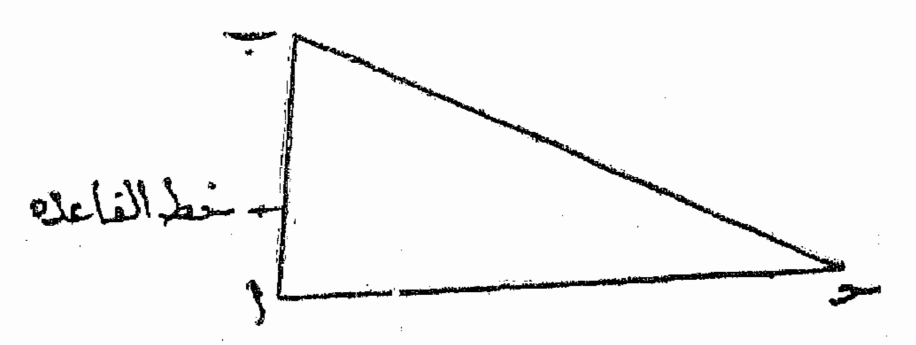
الشمس

هي أهم الاجرام السماوية قاطبة بالنسبة الينا فمنها نستمد الحرارة والضوء وهما العاملان الأساسيان للحياة على سطح الأرض . وهي مركز النظام الشمسي . وهي وحدها في هذه المجموعة التي تشع الضوء ، أما السيارات وأقمارها فتعكس الضوء الساقط على سطوحها من الشمس

والشمس نجم تمثل النسبة الغالبة في النجوم من حيث الحجم والوزن والكثافة ودرجة الحرارة وغيرها . وهي كروية الشكل . وتقدر الزاوية التي بين طرفي قطرها عند أي نقطة من سطح الأرض بنحو ٣٢ دقيقة قوسية في المتوسط . وتتغير هذه الزاوية تغيرا طفيفا على مدار الأيام أثناء السنة وذلك لأن البعد بينها وبين الأرض غير ثابت لأن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا بل بيضيا . والحد الأعلى لهذه الزاوية هو ٣١,٦ دقيقة قوسية حيث تكون الأرض أبعد ماتكون منها ولما كان متوسط بعد الأرض من الشمس هو ٩٢,٩ مليون ميل استنتجنا أن قطر الشمس يساوي ٨٦٥,٠٠٠ ميل وهو مايعادل مائة مرة قطر الأرض . وعلى هذا الأساس يقدر حجم

الشمس بنحو ١,٣٠٠,٠٠٠ حجم الارض . أما وزنها فيقدر بنحو ٣٣٠,٠٠٠ مرة وزن الارض . ومن هنا تقدر كثافة مادة الشمس بنحو ١,٤ ولما كان متوسط كثافة الارض ٥,٥ نجد أن الأخيرة تعادل أربعة مرات كثافة مادة الشمس

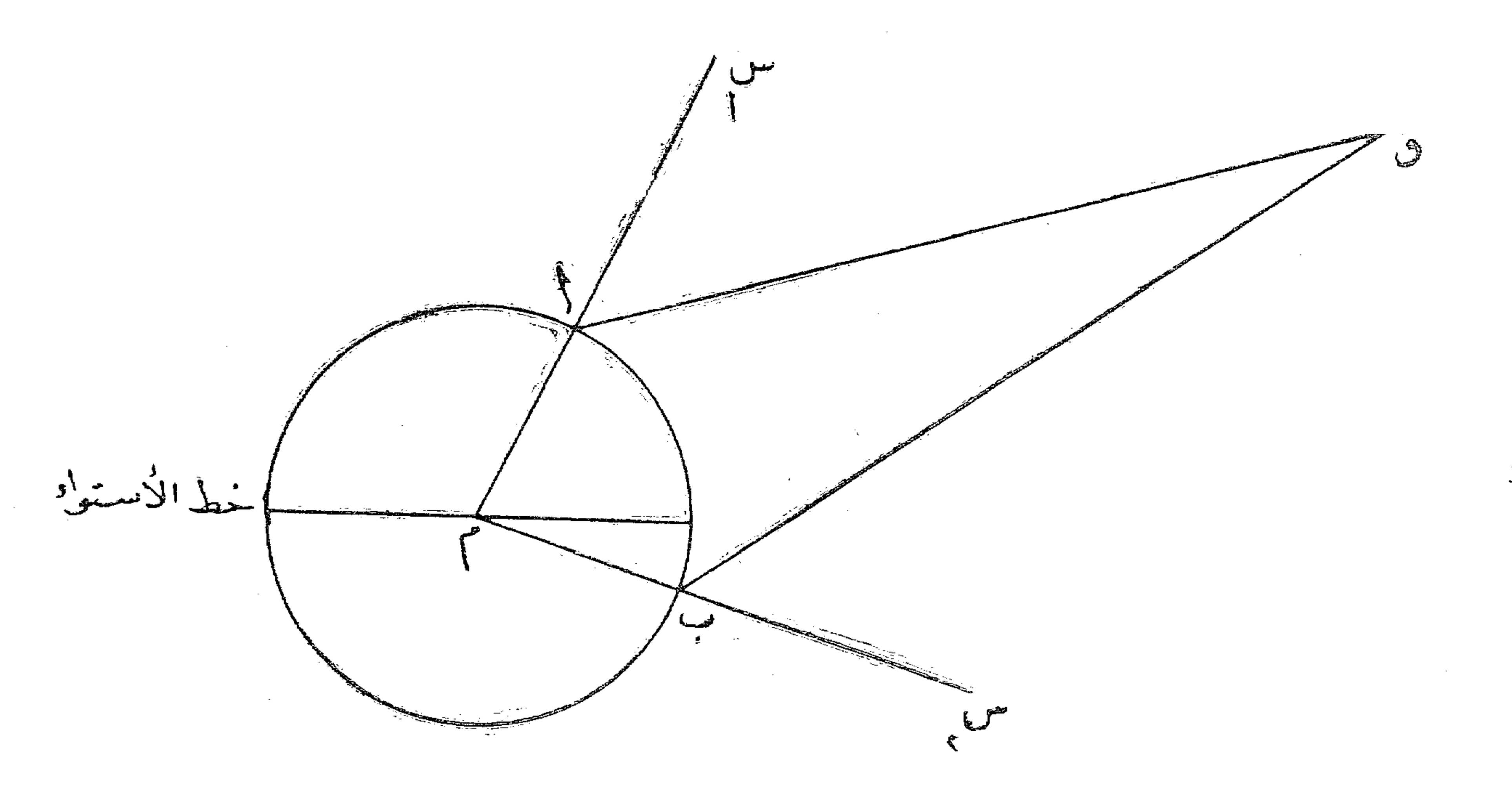
ويتخذ الفلكيون البعد المتوسط بين الأرض والشمس وحدة قياسية من وحدات الطول فى المسائل الفلكية . واستنبطوا مقداره بطرق مختلفة ومن بين هذه الطرق تلك التى يستخدمها المساحون فى تعيين البعد بين نقطتين يفصلهما عائق طبيعى كنهر أو تل مرتفع ا ، حـ مثلا (شكل ١١) ففى مثل



(شكل ١١) قياس البعد بين نقطتين حـ ، ا

هذه الحالة يبدأ المساحون بعمل مايسمونه (خط القاعدة) ا ب ويقيسونه بكل دقه ومن طرفيه ا ، ب يقيسون الزاويتين حـ ا ب ، حـ ب ا وبحل المثلث ا ب حـ رياضيا يمكن استنتاج طول الخط ا حـ . وللحصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون طول خط القاعدة مناسبا فى كل حالة لطول البعد المطلوب تعيينه

وبتطبيق هذه الطريقة فى المسائل الفلكية نجد أنه لا يمكننا اتخاذ خط قاعدة أكبر من قطر الأرض . فإذا أردنا تعيين بعد القمر ق



(شكل ١٢) قياس بعد القمر ق

(شكل ١٢) تختار لذلك مرصدين مثل ا ، ب على سطح الأرض وليكن أحدهما في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصفها الجنوبي وبحيث يقعان على خط طول واحد إن أمكن كي يعبر القمر خط الزوال في كل منها في نفس الوقت

ومن كل من المرصدين يقاس البعد السمتي للقمر . وبما أن اتجاه سمت الرأس عند ا هو الخط م ا س ١ فالبعد السمتي للقمر عندها هو الزاوية س ١ ا ق وبالمثل فان البعد السمتي للقمر في ب هو الزاوية س ٢ ب ق

وبمعرفة خط عرض النقطتين ا ، ب بكل دقة يمكن استنباط طول خط القاعدة ا ب وكذا الزاويتين م ا ب ، ا ب م

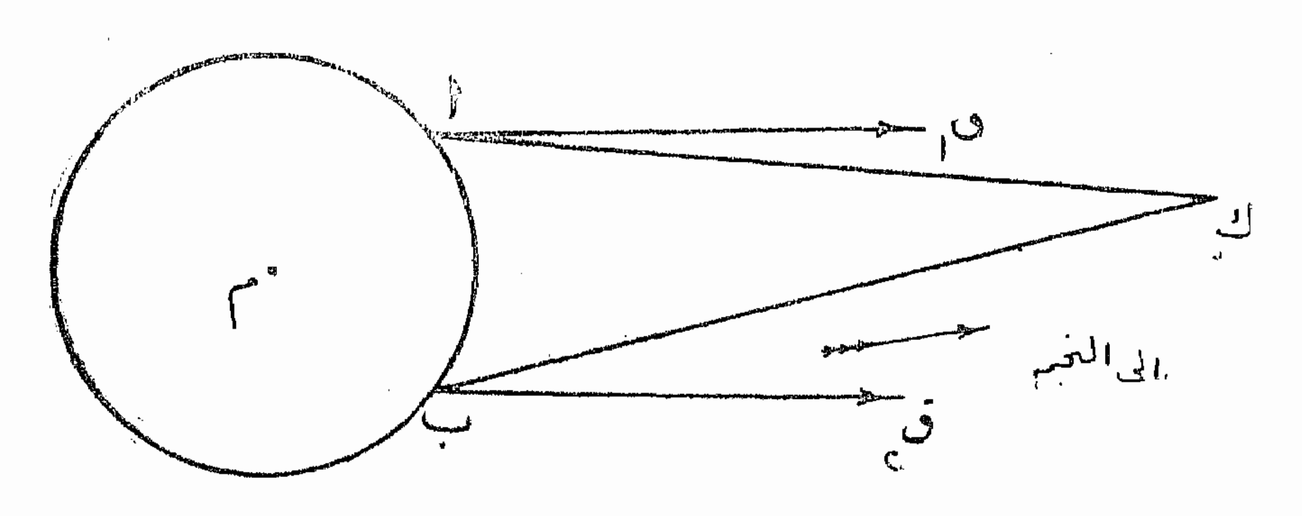
وبقياس الزاويتين س ١ ا ق ، س ٢ ب ق يمكننا تعيين الزاويتين ق ا ب ، ق ب ا ومن ثم حساب المسافة ق ا . ومن السهل بعد ذلك تعيين المسافة ق م وهي البعد بين القمر ومركز الأرض وقد قدرت بنحو ٢٤٠٫٠٠٠ ميل

ولقد وجد أن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها في تعيين بعد الشمس وذلك لأن الشمس ليست جسما صلبا كالقمر فليس عليها نقط ثابته لأخذ الأرصاد الدقيقة . وفضلا عن ذلك فإن البعد بينها وبين الأرض كبير جدا الى درجة أن خط القاعدة مثل ا ب صغير بالقياس لبعد الشمس بحيث لا يتسنى قياس الزاويتين عند طرفيه بالدقه المطلوبه

من أجل هذا يقدر الفلكيون بعد الشمس بقياس بعد أحد السيارات كالزهرة أو المريخ أو أحد النجيمات عندما يكون احدها أقرب ما يمكن للارض

ثم استنباط بعد الشمس بتطبيق قانون كبلر الثالث بعد معرفة مدة دورتها حول الشمس

ويقدر البعد بين الأرض والسيار بطريقة مشابهة لتلك التى شرحناها آنفا عن تعين بعد القمر باختيار مكانين ا ، ب على سطح الأرض ثم قياس البعد الزاوى للسيار من أحد النجوم الثابته ف مثلا فى وقت واحد بافتراض ان النجم بعيد جدا فى أعماق الفضاء بحيث يمكن اعتبار الأشعة الضوئية التى تصل منه الى كل من ا ، ب متوازية فتقاس الزاويتان ك ا ف ١ ، ك ب ف ٢ وبتعيينهاتتوفرلدينا العناصر الرياضيهاللازمة لحل المثلث وحساب بعد السيار ك (شكل ١٣) ولو تأملنا قليلا لوجدنا أنه ليس من الضرورى



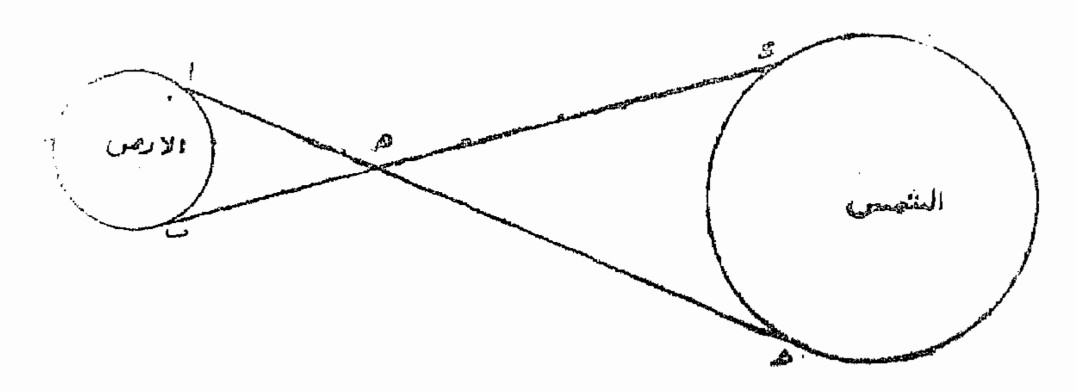
(شكل ١٣) قياس بعد كوكب سيار ك

للقيام بهذه العملية من وجود راصدين فى مكانين مختلفين من سطح الأرض مثل ا ، ب وأنه يمكن لراصد واحد تعيين بعد السيار وذلك لأن دوران الأرض حول نفسها من الغرب الى الشرق وتحرك الراصد نفسه فى الفضاء نتيجة لذلك يهيىء له خط القاعدة المطلوبة فالراصد عند خط الاستواء

يتحرك فى الفضاء بمعدل ٨٠٠ ميل فى الساعة وفى القاهرة بمعدل ٧٠٠ ميل فى الساعه

فلو أن راصدا ما على سطح الأرض قام بقياس الزاوية التى بين السيار وأى نجم فى السماء فى الساعة السادسة صباحا مثلا ثم فى الساعة السادسة مساء لتوفرت لديه العناصر الرياضية اللازمة لحساب بعد السيار وبتطبيق قانون كبلر يمكن استنباط بعد الشمس

ومن الطرق التى استخدمت لهذا الغرض رصد عبور الزهرة على قرص الشمس وقد رأينا أن مدارها الى الداخل من مدار الأرض حول الشمس وعندما يكون ثلاثتهم فى اتجاه واحد يقال أن الزهرة فى الاقتران وعندما تتوسط الزهرة بين الأرض والشمس يقال أنها فى الاقتران الداخلى وعندما تكون فى الجانب الآخر من الشمس يقال إنها فى الاقتران الخارجى. ومن البديهى أنه لو كان مستوى مدار الزهرة حول الشمس منطبقا على مستوى مدار الأرض حولها لرأينا الزهرة تعبر قرص الشمس عند كل اقتران داخلى ولكن لما كان المستويان غير متطابقين فأن هذه الظاهرة لاتحدث الامرة فى كل عدد من الدورات لهذين السيارين ويتكرر حدوثها على مدى دورات من السنين قدرت بـ ٨ و ١٢٢٦ و ٨ و ١٠٦ و ٨ سنين وكان آخر عبور عام ١٨٨٢ وسيكون العبور التالى عام ٢٠٠٤ وبعد ذلك فى عام ٢٠١٢ وبقياس الزاوية التى بين مسار الزهرة على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة أ على سطح الأرض ومسارها على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة ب (شكل ١٤) يمكن حساب بعد الزهرة بعد تعيين طول الخط أ ب بالدقة ومن ثم استنباط بعد الشمس.



(شكل ١٤) استنباط بعد الشمس

وهناك طرق أخرى لتعيين هذه المسافة والنتائج جميعها متقاربة وتدل على أن بعد الشمس هو نحو ٩٢٫٩ مليون ميل

والشمس كرة عظيمة من المادة فى حالة غازية تشع كميات عظيمة من الحرارة والضوء فى جميع الاتجاهات من الفضاء السماوى ومع أننا ندين بالحياة بأنواعها المختلفة على سطح الأرض لما نستمده منها من الحرارة والضوء نجد أن مايصيب الأرض من مجموع ماتشعه الشمس فى جميع الاتجاهات ضئيل جدا ومن الممكن تقديره بحساب النسبة بين مساحة دائرة نصف قطرها ٤٠٠٠ ميل (½ قطر الأرض) الى مساحة كرة نصف قطرها ٩٢٫٩ مليون ميل

وكل شىء فى الشمس فى حركة عنيفة وسطحها يغلى بشتى الطرق . أما جوفها فعبارة عن مركز عظيم من مراكز توليد القوه لاينقطع عمله

والطاقة التى تتولد فى داخلها تجعلها ساخنة الى حد مريع فتنساب نحو سطحها تيارات عظيمة من الحرارة وعندئذ تنصب فى الفضاء شعاعا وهاجا

وقدر العلماء أن مايصل إلى كل بوصة مربعة من سطح الشمس يعادل قوة خمسين حصانا ميكانيكيا . ولما كان لا بد لمثل هذه الكمية العظيمة من الطاقه ان تنساب فى الفضاء نجد أن سطح الشمس يغلى فى كل مكان فتتقلب الطبقات العليا من السطح لكى تعرض أشد جنباتها حرارة نحو الفضاء ويتيسر للشعاع المحبوس ان ينساب منها بأكبر سرعة وهكذا تنشأ النافورات الضخمه القرمزية اللون ويمتد شواظها مئات الآلاف من الأميال

ويحيط بالشمس جو نارى يحتوى على نفس العناصر الغازية الموجودة فى جو الأرض وقد أثبت التحليل الطيفى وجود المواد الفلزية الثقيلة فيه أيضا كالبلاتين والرصاص والفضه وكذا العناصر الكيماويه الأخرى على شكل أبخرة مما يدل على أن حرارة جو الشمس من الشدة بحيث لا يتسنى لتلك العناصر ان تبقى على شكلها المألوف لدينا وهو الصلابة.

وقدرت درجة الحرارة فى جو الشمس ببضعة آلاف من الدرجات وعند مركزها بالملايين لأن جوف الشمس أشد حرارة.

وقد ذكر الاستاذ (جينز) فى أحدى مؤلفاته أننالو رفعنا درجة حرارة قطعة من ذات الخمسة قروش الى درجة حرارة مركز الشمس فإن حرارتها تكفى لأن تجعل كل كائن حى على بعد آلاف الاميال منها يذبل ويضمر.

ومن المعروف أن الضغط الجوى هو الذى يحدثه وزن جو الأرض عند سطحها ويعادل ١٥ رطلا على البوصة المربعة ويقدر بوزن عامود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتميتر أما عند مركز الشمس فقد قدر الضغط بما يعادل اربعين الف مليون ضغطا جويا . ومن هنا نستطيع ان نتصور حالة المادة

تحت تأثير هذين العاملين : الحرارة والضغط عند مركز الشمس

فجزئيات المواد المكونة من ذرات مختلفه لا يكون لها وجود فى الشمس . أما الذرة التى تتكون ـ فى ضوء الابحاث الحديثة ـ من جسيم عند المركز يسمى النواه ذات شحنة كهربائيه موجبه تنظم حولها جسيم أو اكثر بشحنة سالبة تعرف بالكهارب وتدور حول النواه فى مدارات دائريه على نمط النظام الشمسى فقد دلت الابحاث على أنها تفقد تحت تأثير الحرارة الشديدة الكهارب الأبعد من المركز فالتى تليها وهكذا حسب درجة الحرارة ولقد دلت الأرصاد الطيفية على أن ذرات الاكسجين قد فقدت فى أجواء بعض النجوم اثنين من كهاربها وفى البعض الآخر ثلاثة .

ولا غرابة بعد ذلك أن نرى ان الذرة الكاملة ليس لها وجود داخل الشمس وان نتصور المادة عند المركز مكونة من مجموعة متنوعة من النوايا (جمع نواه) والكهارب . وبالرغم من شدة الحرارة عند المركز فهناك من العناصر ما يستطيع الاحتفاظ بقبضته على أقرب كهرب أو اثنين . ومن شأن الضغط العالى فى جوف الشمس أن يجعل المادة مكدسه الى درجة لا يكاد يتصورها العقل .

ولما كان الشعاع الضوئى له وزن نجد أن الاشعاع النجومى الذى ينصب فى الفضاء منذ الأزل يستنفد من مادة النجوم باستمرار فتتناقص أوزانها . ولقد قدر ان الاشعاع الكلى الذى ينبعث من الشمس فى الثانيه يحمل فى ثناياه نحو أربعة ملايين طن من كتلتها .

فمن المحقق اذن أن توليد الطاقة فى النجوم والشمس يختلف عن توليد الطاقة باحتراق الفحم مثلا وإلا كان من المحتم نفاذ مادتها وتضاؤل حرارتها منذ زمن بعيد . أما احتراق الفحم فليس سوى عملية

كيمائية لا يتضمن سوى ترتيب الذرات من جديد والطاقه التى نحصل عليها بهذه الكيفية منشؤها التفاعل الخارجى لذرات الكربون مع ذرات الاكسجين التى فى الهواء والتى يتكون منها ثانى اكسيد الكربون

ولقد قدر العالم الشهير البرت أينشتين عام ١٩٠٥ أن هناك طاقة مختزنه فى ذرات المواد جميعها ، وقدر الطاقه التى توجد فى كيلو جرام واحد من المادة بما يساوى ٢٥ وحدة من وحدات الطاقه مع ان احتراق مليون طن من الكربون النقى لا ينشأ عنه سوى ٩٫٣ من وحدات الطاقة

ومن المهم ان نلاحظ هنا ان هذه الطاقه المختزنه فى ثنايا ذرات المادة ليست شيئا يضاف اليها وإنما هى المادة ذاتها فالحصول على ٢٥ وحده من وحدات الطاقه من كيلو جرام من المادة ليس معناه استخراج هذه الطاقه من داخل الذرات وانما معناه تحويل المادة الى طاقه والحصول عليها يكون على حساب المادة نفسها فتفنى وتصبح أثرا بعد عين وينمحى وجودها بهذه الكيفيه .

وهكذا أصبحت المادة فى نظر العلماء صورة من صور الطاقه المختلفه كالطاقه الحراريه والطاقه الكهربائيه وغيرهما.

فلو فرضنا جدلا أن الشمس مكونه من أجود أنواع الوقود مختلطا بغاز الأكسجين بنسبه تسمح بالاحتراق التام نجد أن الطاقه التى تتولد عن ذلك تعادل الحرارة التى تنبعث من الشمس اثناء ١٥٠٠ سنه فقط أو ان عمر الشمس لا يكاد يزيد عن هذا الحد وهو مالا يمكن الأخذ به.

ومن ناحية أخرى لو فرضنا ان الشمس بدأت حياتها مختزنه كميه عظيمه

من الحرارة وكانت درجة حرارتها عالية جدا فى البدايه ثم بردت تدريجيا حسب المعدل الحالى ومقداره ٥ ر ٢ درجة فى كل عام لوجدنا أنها لايمكن ان تستمر فى ارسال حرارتها اكثر من بضعة الاف من السنين تنخفض بعدها الى مايقرب من الصفر المئوى . ولذلك نجد أن هذا الفرض ايضا لايستقيم لان معناه أن الحرارة التى كانت تستمدها الارض من الشمس منذ بضعة آلاف من السنين أضعاف ما هى عليه الآن .

وأذن فالطاقه التى تتولد فى الشمس أو النجوم تنشأ من تحويل بعض مادة ذراتها الى طاقه أشعاعيه وعلى هذا الاساس استنتجنا أن أقل النجوم كتلة اكبرها سنا بوجه عام وان النجوم تفقد من درجة أضاءتها أسرع من فقدها لأوزانها . ولقد وجد ان مايتحول من مادة الشمس الى طاقه اشعاعيه يساوى ٢٥٠ مليوطن فى الدقيقه فالذرات الباقية فيها حتى الآن تكفيها نحو ١٥ مليون مليون سنه ومع ذلك فيجب ان نتذكر ان هذا المعدل لن يبقى ثابتا على مر الدهور الطويله بل يقل تدريجيا بمرور الزمن .

كلف الشمس : يشاهد على قرص الشمس بين آن وآخر بقع سوداء تعرف بكلف الشمس ، والواقع أنها ليست سوداء اللون فعلا ولكنها تبدو كذلك بالنسبة لباقى السطح الشديد الوهج . ولقد لوحظ كلف الشمس من من قبل اختراع المنظار . والارصاد المتتابعة التى أخذت عليه تدل على أنه يتحرك على سطحها من الشرق الى الغرب . وأن المدة التى تمضى بين بدأ ظهوره عند حافة الشمس الشرقيه واختفائه عند الحافه الغربيه تتراوح بين ١٣ ، ١٥ يوم مما يدل على أن للشمس حركه

رحوية حول نفسها وأن مدة الدورة تقدر بين ٢٦ و ٢٨ يوم

ولقد استبان من هذه الارصاد أيضا أن كلف الشمس يظهر على سطحها فيما بين خطى عرض ٥ و ٣٥ شمالا أو جنوبا وأنها تتبع فى الزيادة والنقصان دورة زمانيه تبلغ حوالى أحدى عشر سنه فيندر وجودها فى بعض الأحيان أو ينعدم ثم يبدأ ظهورها ويزداد عددها تدريجيا حتى يبلغ أقصاه بعد أربع سنين ونصف ثم يتناقص بعد ذلك حتى يندر أو ينعدم وجودها بعد اربع سنين ونصف أخرى .

وعند ابتداء الدورة يرى الكلف عند خط عرض ٣٥° شمالا أو جنوبا وكلما ازداد عددها اقتربت من خط عرض ٥° شمالا اوجنوبا .

ولقد لاحظ لامونت بمرصد ميونخ أن هذه الدورة الزمانيه تطابق الدورة الزمانيه لتغير العناصر المغناطيسيه الأرضيه . واكتشف فى بعض الكلف مغناطيسيه قويه .

والرأى السائد عن طبيعة كلف الشمس أنها فجوات عظيمه على سطح الشمس تنشأ من الحركه الدائمه فى مادتها ولم يتأيد هذا الزعم بعد .

الأرض

الأرض كرة عظيمه يبلغ طول قطرها ٧٩٢٠ ومحيطها ٢٤٨٨٠ . الا أنها ليست كامله الاستدارة بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بمقدار ٢٨ ميلا وتدور حول نفسها مرة فى اليوم وفى نفس

الوقت تسبح فى الفضاء حول الشمس بسرعة كبيره تقدر بثمانية عشر ميلا ونصف فى الثانيه الواحدة فتتم دورة كاملة فى زمن مقداره سنه ومتوسط نصف قطر مدارها حول الشمس نحو ٩٣ مليون ميل.

ومع اننا لانشعر شعورا مباشر بحركتيها هاتين الا أننا نستطيع دائما تحقيقهما وقياسهما بما ينشأ عنهما من حركات ظاهريه لأجسام نائيه كالشمس والنجوم التى تبدو متحركه فى الاتجاه المضاد وبسرعة تساوى سرعة الأرض كما تبدو الاشجار واعمدة التلغراف والقرى لراكب فى قطار متحركه بنفس سرعة القطار وفى الاتجاه المضاد لاتجاه حركته . ومن ثم ينشأ عن حركة الأرض حول نفسها ظاهرة الليل والنهار دائبين و شروق الشمس والقمر والنجوم دائما من جهة المشرق وارتفاعها فى السماء حتى تبلغ أوج ارتفاعاتها عندما تعبر خط الزوال ثم انحدارها بعد ذلك الى أن تغيب تحت الافق ناحية المغرب . وينشأ عن حركة الأرض الثانيه حول الشمس ظاهرة الفصول الفلكيه وسنتكلم عنها بالتفصيل فيما بعد .

ويستطيع راصد السماء أن يتبين الحركه اليومية للأجرام السماوية بوضوح تام ولو انه ثبت آله فوتوغرافية فى اتجاه النجم القطبي تماما وعرض لوحا فتوغرافيا لضوء النجوم القريبه منه مدة من الزمن لوجد أن كل نجم منها يرسم على اللوح الفتوغرافى مسارا دائريا يقصر أو يطول حسب قربه أو بعده من القطبيه التى تمثل المركز لهذه الأقواس.

ولكن من أين لنا أن هذه الحركة اليومية للنجوم وكأنها مثبته على بسيط الكره السماوية ليست حركة حقيقية؟ وأن الأرض ثابته وأنها مركز السكون؟

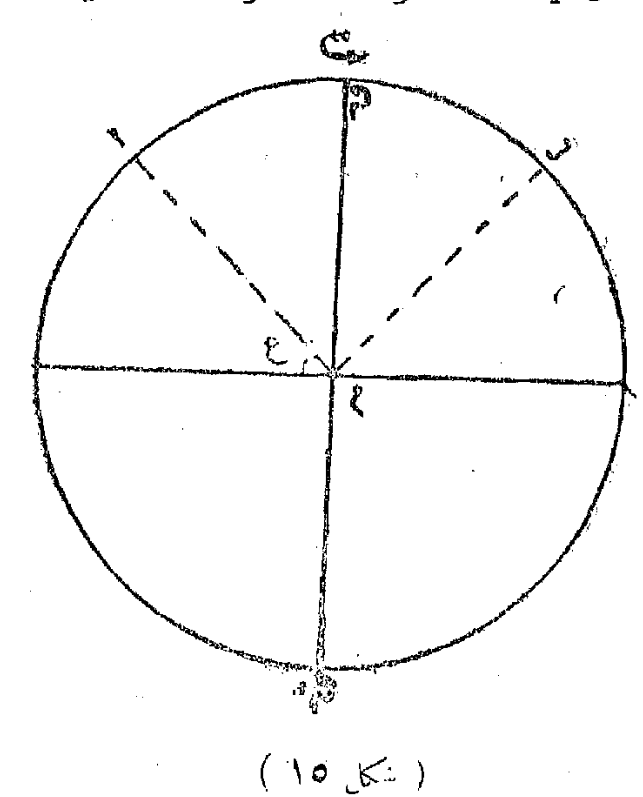
هذا هو ماذهب اليه الأقدمون عندما أعوزهم الدليل العلمى على دوران الارض . ولو اننا اخذنا بنظرية ثبوت الأرض ودوران الكره السماوية وماعليها من الأجرام فوق رؤسنا لتعين علينا افتراض تحرك النجوم جميعها حركةواحدة كما لو كانت جسما متماسكا وهو أمر بعيد الاحتمال . أما افتراض دوران الأرض وحدها مما ينشأ عنه هذه الحركة الواحده لهذا العددالكبير من الأجرام السماوية المتفرقه فى الفضاء السماوى فهو الأرجح احتمالا

ولم يكن ثمة دليل علمى قاطع بصحة أحد الاحتمالين دون الآخر حتى منتصف القرن التاسع عشر حيث قام العالم الفرنسى(فوكو) بتجربته المشهورة التى اثبت بها دوران الأرض حول نفسها مرة فى اليوم مما ينشأ عنه الحركه اليومية للاجرام السماوية المعروفه .

تجربة فوكو : علق فوكو بندولا عظيما فى سقف مقبرة العظماء (بنتيون) بباريس ويتكون هذا البندول من كرة ثقيله من النحاس فى آخرها سن مدببه مدلاة فى نهاية سلك معدنى طويل لكى تكون الذبذبة بطيئه ولتقليل تأثير قوى الاحتكاك بالهواء فى اضعاف الذبذبة . ثم وضع طبقه رقيقه من الرمل تحت البندول . ثم جعل البندول يتذبذب فرسم السن فى بادى الأمر خطا صغيرا على الرمل مبينا اتجاه مستوى ذبذبة البندول . وبعد فترة من الزمن لاحظ (فوكو) ان هذا الاتجاه ـ كما يدل عليه أثر السن المدبب على الرمل ـ يتغير باستمرار وفى اتجاه معين هو اتجاه عقرب الساعة . ولما لم يكن هناك قوى آخرى قد ينشأ عنها هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول استنتج أن هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول ناشىء عن دوران الأرض ومن فوقها الرمل فى الفضاء من الغرب الى الشرق .

وقد وجد (فوكو) ان مستوى الذبذبة يتغير بمعدل ٣٦٠° فى ٣٢ ساعة فى مدينة باريس . ولو أن هـذه التجربة أجريت عند القطب الشمالى فإن اتجاه الذبذبه يتغير بمعدل ٣٦٠° فى ٢٤ ساعة ولو أنها أجريت عند أى مكان على خط الاستواء وجعلنا البنـدول يتذبذب فى مستوى خط الزوال فأن اتجاهه يظل ثابتا لا يتغير وذلك لأن مستوى الذبذبة فى هذه الحالة يكون موازيا لاتجاه محور الأرض الثابت الاتجاه

ومن الواضح ان معدل تغـــير اتجاه مستوى ذبذبة البندول يختلف باختلاف خط عرض المكان الذى يختار لأجراء هذه التجربة . ذلك لأننا لو فرضنا ان هذا المكان هو نقطة ا من سطح الارض (شكل ١٥) وان خط عرضه = ع وان سرعة دوران الأرض حول محورها ق قَ = س فأنه بتحليل هذه السرعة — حسب قوانين الحـــركة — حول الاتجاهين المتعامدين ا م ، ب م نجد أن السرعة حول الاتجاه الأول ا م = س جتا ∠ ا م ق = س حا ع .



(شكل ١٥)

وهذه المركبة هى وحدها التى تؤثر فى اتجاه ذبذبة البندول . أما المركبة الأخرى فتأثيرها عليه فى نقطة ا من سطح الأرض يكون كما لو كانت ا على خط الاستواء

ويقدر الزمن ز الذى يلزم لتغيير اتجاه ذبذبة البندول ٣٦٠° بمقدار

$$ز = \frac{٢ط}{س\ حا\ ع}$$

ط = النسبة التقريبيه

وبما أن $\frac{٢ ط}{سه}$ = ٢٤ ساعة نجد أن الزمن الذى يلزم لتغيير اتجاه

ذبذبة البندول دورة كاملة = $\frac{٢٤}{جا ع}$ ساعة

وبالتعويض فى هذه المعادله بقيمة ع نحصل على الزمن الذى يستغرقه تغيير اتجاه ذبذبة البندول فى اى مكان على سطح الأرض بمقدار ٣٦٠° ويقدر هذا الزمن لمدينة القاهرة بنحو ٤٨ ساعة.

ومن البديهى أنه لا يمكن ترك البندول يتذبذب طيلة هذه المدة نظراً لأن قوى الاحتكاك تعمل باستمرار على أضعاف الذبذبة ولكنه يكفى لتحقيق هذا التغير تركه يتذبذب مدة أقصر ثم استنباط مدة الدوران اثناء الدورة الكامله من التغير الذى يبينه اثناء هذه الفترة.

ومن البراهين الأخرى على دوران الأرض حول نفسها أننا لو تركنا جسما يسقط الى الارض من أعلى برج مرتفع فإن النقطة التى يلامس فيها سطح الأرض تكون منحرفة قليلا إلى ناحية الشرق عن النقطة التى تقع رأسيا تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج، مما يدل على أن سرعة النقطة الاخيرة فى الفضاء - وهى سرعة الجسم نفسه عند تركه يسقط - أكبر من سرعة النقطة التى تقع رأسيا تحتها. ونلاحظ فضلا عن ذلك أن مقدار الانحراف - وهو الناشىء عن اختلاف السرعتين - يزيد بازدياد ارتفاع البرج. فلو أن الأرض غير متحركة لكانت النقطة التى يلامس الجسم فيها سطح الأرض هى النقطه التى تقع رأسيا تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج

من هذا يتضح ان الأرض هى التى تدور حول محورها من الغرب الى

الشرق وان الحركة اليومية للشمس والقمر والنجوم ماهى الا نتيجة لحركة الأرض هذه وهى التى تنشأ عنها أيضا ظاهرة اختلاف الليل والنهار دائبين .

*****

الهواء — ويحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء يبلغ سمكه حوالى ١٣٠ ميلا وتقل كثافته تدريجيا مع الارتفاع . فالهواء القريب من سطح الأرض يتكون من غاز الأزوت بنسبة « ٧٨ ٪ » والاوكسجين بنسبة « ٢١ ٪ » وغازات الأرجون وثانى أكسيد الكربون والايدروجين والهليوم وغيرها بنسبة « ١ ٪ » وتبقى هذه النسب ثابتة بفعل التيارات الرئيسية وما تستهلكه الحياة الحيوانية من الأوكسجين يعوضه ماتفرزه النباتات التى تمتص ثانى أوكسيد الكربون وتفرز الأوكسجين فى عملية التمثيل الضوئى . أما فى الطبقات العليا فيتكون الهواء من الغازات الأخف وزنا كالايدروجين والهليوم .

ويوجد على ارتفاع ٢٠ ميلا طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة ذات الموجة القصيرة فى المنطقة التى فوق البنفسجى من أشعة الشمس . ولو كانت كثافة الهواء فى جميع الطبقات تساوى كثافته عند سطح الأرض ، لبلغ سمك الغلاف الهوائى كله خمسة أميال فقط .

وتقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر ، لأن الأرض تشع الحرارة التى تمتصها من الشمس ، فيسخن الهواء الملامس لسطح الأرض ، ويتمدد فيخف وزنه ويندفع فى الطبقات العليا وتهبط درجة حرارته . وثلاثة أرباع الوزن الكلى للهواء تقع فى الطبقة القريبة من سطح الأرض والتى لا يتجاوز سمكها سبعة أميال ، وتتكون

السحب عادة على ارتفاعات أقصاها ستة أميال

ويحتوى الهواء عدا العناصر سالفة الذكر على بخار الماء الذى تختلف كميته باختلاف درجة الحرارة ، وهو عامل مهم من عوامل تغير الطقس . ومما يلاحظ أن كثافة بخار الماء أقل من كثافة الهواء الذى يبلغ وزن المتر المكعب منه ١٠٢٨ كيلو جرام عند درجة حرارة الصفر المئوى وضغط يعادل وزن ٧٥٠ ملليمترا من الزئبق . ويلعب بخار الماء دورا مهما فى حفظ التوازن بين ماتمتصه الأرض من حرارة أشعة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء ، فيساهم فى هذه العملية ، ويرد أشعة الشمس نحو الفضاء عند ما يشتد القيظ نهارا كما يرد إلى الأرض ماتشعه من الحرارة عند الليل ، ولهذا نجد أن وجود السحب نهارا يخفف من حدة الحرارة فى الصيف ، ووجودها ليلا أثناء الشتاء يخفف من حدة البرد. والهواء لا لون له ، وهو مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق بدرجاته المختلفة وفتنته خصوصا فى مصر . ولو أننا صعدنا فى السماء إلى مافوق الغلاف الهوائى لرأينا الشمس كرة ساطعة الضوء فيه زرقة ، تشرق وتغيب فى سماء حالكة الظلام .

******

أما باطن الأرض . فليست لدينا الأدلة المباشرة على ماهيته . والمناجم التى حفرت لاتعدو أن تكون خدوشا صغيرة فى القشرة الأرضية . وقد ثبت لدينا أن درجة الحرارة تزيد إلى الداخل بمعدل درجة مئوية واحدة لكل مائة متر تقريبا . ولا شك أن باطن الأرض

ساخن كما تدل عليه البراكين والينابيع الساخنة .

وتسجيل الزلازل والهزات الأرضية التى تقع بين آن وآخر فى كثير من مراصد العالم ، يكفل لنا الوسيلة للتوسع فى دراسة باطن الأرض ومعرفة ماهيته . وقد دلت الدراسات الطويلة للتسجيلات العديدة للزلازل على أن باطن الأرض يتكون من كرة ملتهبة مركزية يبلغ طول قطرها أربعة آلاف ميل تقريبا ، وكثافتها تعادل كثافة الحديد ، وأغلب الظن أنها تتكون من المعادن الثقيلة كالحديد والنيكل . ويعلو هذه الكرة طبقة من الصخور الثقيلة ، تبلغ كثافتها أربعة أمثال كثافة الماء ويعلو هذه الأخيرة طبقة من الصخور الأقل كثافة أهمها الجرانيت .

وفيما يلى نجمل أهم الحقائق العلمية المعروفة عن أرضنا :

الأول — الأرض كوكب سيار

الثانى — الأرض كرة طول قطرها ٧٩٢٠ ميلا ومحيطها ٢٤٨٨٠ ميلا (وقد كانت هذه الحقيقة معروفة لقدماء المصريين واليونانيين)

الثالث — تدور الأرض حول نفسها مرة فى كل ٢٤ ساعة من الغرب إلى الشرق .

الرابع — الأرض ليست كاملة التكور بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بنحو ٢٧ ميل .

الخامس — تبلغ كثافة الأرض ٥ر٥ ووزنها ٦ × ١٠ ^٢١ طن .

السادس — تدور الأرض حول الشمس بسرعة تبلغ ١٨½ ميلا فى الثانية وتتم مدارا كاملا فى سنة .

السابع — يحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء يقدر سمكه بنحو ١٢٠ ميلا وتقل كثافته تدريجيا كلما ارتفعنا عن سطح الأرض ويحتوى على الازوت بنسبة ٧٨ ٪ والاوكسجين بنسبة ٢١ ٪ والباقى من غازات أخف .

الثامن — يحتوى الهواء عدا العناصر السالفة الذكر على بخار الماء الذى تختلف كميته باختلاف درجة الحرارة . وهو من أهم عوامل تغير الطقس وحفظ التوازن بين ماتمتصه الارض من حرارة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء .

التاسع — الهواء مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق وزرقة السماء واصفرار الشمس والقمر عند الشروق والغروب .

العاشر — ليست لدينا الادلة المباشرة على ماهية باطن الارض ولكن من المحقق أن حرارة باطن الارض شديدة وتزيد بمعدل درجة مئوية لكل مائة متر .

القمر

دلت الأبحاث الكثيرة على أن القمر عالم ميت لاحياة فيه . فسطحه مكون من صحارى واسعة ليس فيها مايدل على وجود الحياة من أى نوع . وقد انتشرت على الجزء الأكبر منه مرتفعات دائريه تبدو كأنها حافات فوهات براكين خامدة ، وهو مايرجح أن تكون نه بالفعل ، وعليه سلاسل جبال عظيمة لم تنل منها عوامل التعرية (كالرياح والأمطار والثلوج) ما نالته من قمم جبال أرضنا على كر السنين الطويلة .

وأشعة الشمس الساقطة عليه تجعل لهذه الجبال ظلالا ممتدة تفىء على ماتحتها من صحارى ، وقد سميت هذه الجبال والصحارى باسماء مختلفة الكثير منها لأعلام الفلكيين اعترافا بفضلهم وتخليداً لذكراهم .

والقمر أقرب جيراننا فى الفضاء . تربطه بالأرض قوة الجاذبية كما تربطنا بها وأن اختلفت فى مظهرها ، وهو يبدو لنا أكبر الأجرام السماوية بعد الشمس ولكنه فى الحقيقة من أصغرها ، ولكنه بسبب قربه منا يبدو لنا كبيراً ، وقطره لايتجاوز ٢١٦٠ ميلا أى مايعادل ربع قطر الأرض . ويبعد عن الأرض بنحو ٢٣٩٠٠٠ ميلا . ويرسم مساراً دائريا حول الأرض فى ٢٧ $\frac{1}{3}$ يوم . ونظراً لصغر كتلته ، بالقياس إلى كتلة الأرض ، فقوة الجاذبية على سطحه تعادل سدس مقدار الجاذبية على سطح الأرض . وهذا يفسر لنا السبب فى أن القمر ليس له جو كجو الأرض . فالهواء الذى يحيط بنا يحتوى على ملايين الملايين من الجزيئات التى تجول بانطلاقات كبيرة تقدر بمئات الأمتار فى الثانية ، ولكن قبضة جاذبية الأرض القوية تحول دائما دون أن تفلت هذه الجزيئات وتتشتت هباء فى الفضاء

ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة الجاذبية على سطح الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية، وعلى سطح القمر إذا بلغت السرعة ميل ونصف فى الثانية، وهكذا نرى أن الجاذبية على سطح القمر اضعف من أن تجعل القمر يحتفظ بجزيئات جوه - لو كان له جو - لأن سرعتها تزيد عن ذلك .

ولما كان القمر يواجه الأرض دائما بوجه واحد، ويدور حولها مرة كل شهر، استنتجنا أنه يدور حول نفسه فى الفضاء مرة فى كل شهر . ونتيجة لذلك تظل أية نقطة من سطحه تتلظى بضوء الشمس اسبوعين كاملين فتسخن إلى حد كبير حتى تصل درجة حرارتها إلى ما يقرب من ٩٤ درجة مئوية . فلو كان للقمر جو كجونا، لبلغت انطلاقات جزيئاته فى تلك الحرارة العالية مقدارا هائلا يتجاوز فى كثير من الأحيان سرعة الانفلات ومقدارها ميل ونصف فى الثانية .

وقد اختبر المسيو ليوت أخيرا نور القمر الذى هو كما نعلم ضوء الشمس منعكسا عليه بمقارنته بضوء الشمس منعكسا على أنواع مختلفة من التربة والطين والطباشير والحجارة فوجد أنه يكاد يشبه ضوء الشمس المنعكس على الرماد البركانى مما يجعل من المرجح أن يكون سطح القمر مكونا منه .

ويعزز هذا الاحتمال شكل السطح الذى يشبه مجموعة كبيرة من البراكين الخامدة كالتى نراها على سطح الأرض . وفضلا عن ذلك فان من المعروف أن للرماد البركانى خاصة غريبة وهى أنه موصل ردىء للحرارة كالحرير الصخرى

فلو أن سطحه مكون من الرماد البركانى فان الحرارة التى تصبها الشمس عليه لا تتوغل فى داخله ولا يتعرض داخل القمر لنفس التغيرات العنيفة فى درجة الحرارة التى يتعرض لها سطحه .

ولقد سجل اثنان من فلكيي مرصد مونت ولسون ، أخيرا التغيرات فى درجة حرارة سطح القمر فى اثناء الخسوف فوجدا أنه عند دخوله فى ظل الأرض - حيث يحتبس عنه ضوء الشمس - هبطت درجة حرارته فجأة من ٩٠° فوق الصفر المئوى إلى ١٠٣° درجة تحت الصفر المئوى فى دقائق قليلة .

ويجب ألا ننسى أن مثل هذه الظاهرة نشعر بها عند كسوف الشمس ، إذ يبرد الطقس قليلا عندما يقطع القمر عنا أشعة الشمس ، غير أن الحرارة المخزونة فى تربتنا وجونا تحول دون تغيير درجة الحرارة بمقدار كبير وبسرعة هائلة . مما يدل على أن سطح القمر ليس فيه مدخر من الحرارة كالذى فى تربة الأرض . وهذا يعزز مرة أخرى الاحتمال بأن سطح القمر مكون من الرماد البركانى .

حركة القمر الظاهرية

ان قليلا من الملاحظة تكفى للاستدلال على حركة القمر فى السماء ففى أثناء ليلة قمرية نستطيع أن نلاحظ تحركه بالنسبة للنجوم إلى ناحية الشرق وهذه الحركة التقهقرية تدل عليها من جهة أخرى تأخر شروقه وغروبه على الأفق ليلة بعد أخرى . وحركة القمر هذه أكبر بكثير من حركة الشمس التى تكلمنا عنها . إذ بينما تقطع الشمس درجة واحدة تقريبا من مسارها فى اليوم يقطع القمر من مساره نحو ١٣ درجة .

وعندما يكون القمر والشمس فى جهة واحدة بالنسبة للارض أو بعبارة فلكية عندما يكون طولهما واحدا يكون القمر فى المحاق وعندما يكون الفرق بين طوليهما ١٨٠° يكون القمر بدرا كاملا ويقال أن القمر فى الاستقبال. وفى هاتين الحالتين تكون الشمس والأرض والقمر على خط واحد. وفى منتصف المسافة بين هذين الوضعين أى عندما يكون الفرق بين طوليهما ٩٠° يقال أن القمر فى الربع الأول. وعندما يكون الفرق بين طوليهما ٢٧٠° يقال أن القمر فى الربع الاخير . ومتوسط مدة دورة القمر بالنسبة لاحد النجوم الثابتة تساوى ٢٧ يوما و ٧ ساعات و ٤٣ دقيقة و ١١,٦ ثانية أو ما يعادل ٢٧,٣٢١٦٦ يوما وتسمى بالدورة النجمية وتختلف من دورة إلى اخرى اختلافا يسيرا .

أما دورة القمر بالنسبة إلى الشمس فذات أهمية عظمى بالنسبة إلينا وطولها يساوى الشهر القمرى. ويمكن تعريفها بأنها الفترة الزمنية التى بين بدرين متتاليين .

والشهر القمرى أطول من الدورة النجمية للقمر بسبب تحرك الشمس نفسها وسط النجوم ناحية الشرق. ومتوسط طوله ٢٩ يوما و ١٢ ساعة و ٤٤ دقيقة و ٢,٨٧ ثانية أو ما يعادل ٢٩,٥٣٠٥٩ يوما . وتختلف طولا على مرور الشهور بسبب قوى الجاذبية التى تقع على القمر من السيارات وتأثر مدارهما.

وبما أن حركة القمر اليومية بالنسبة للشمس تعادل الفرق بين حركته اليومية بالنسبة لأحد النجوم الثابتة وحركة الشمس بالنسبة للنجم ، وبما أن الحركة اليومية تتناسب تناسبا عكسيا مع مدة الدورة التامة نستنتج العلاقة الآتية :

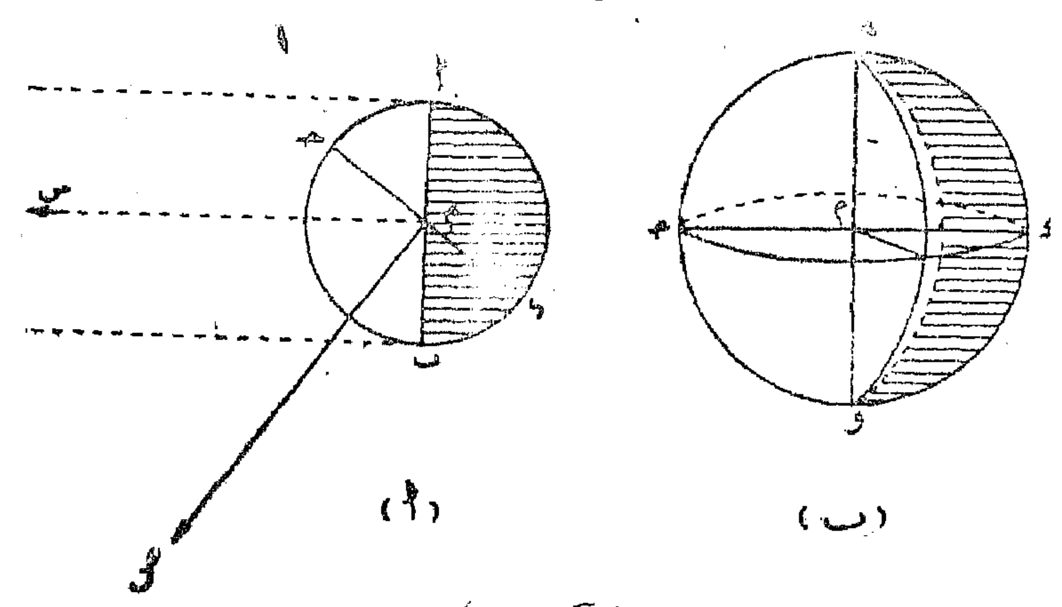
$$\frac{1}{\text{دورة القمر النجمية}} = \frac{1}{\text{طول الشهر القمري}} + \frac{1}{\text{طول السنة النجمية}}$$

وتدلنا مقاييس قطره الظاهرى فى اوقات مختلفه على أن بعده من الأرض ثابت تقريبا ، فهو يصحب الأرض فى سيرها فى الفضاء حول الشمس فضلا عن حركته حول الأرض اثناء الشهر

أوجه القمر

قلنا أن القمر ليس جسما مضيئاً بذاته كالشمس أو النجوم ولكنه يعكس الضوء الساقط عليه من الشمس ، وهكذا نراه كما نرى الحائط ليلا بضوء المصباح الكهربائى منعكسا عليه

وتختلف أوجهه باختلاف مساحه الجزء من نصفه المضىء الذى نستطيع ان نراه ويتغير مقدارها بتغيير الأوضاع النسبية لكل من القمر والشمس والأرض



(شكل ١٦)

فلو فرضنا أن ا حـ ب ى (شكل ١٦ ا) مقطعا فى القمر فى المستوى الذى يحتوى كلا من الشمس والأرض وأن م مركز القمر وأن م ص ، م س اتجاهى الارض والشمس على التوالى فى وقت ما ، ولو فرضنا أن ا ب عموديا

على صم سه، فان نصف الكرة من القمر التي مقطعها ا حـ ب تضيئه أشعة الشمس، بينما يظل النصف الآخر ا ب ى معتما

ويواجه الأرض من سطح القمر نصف الكرة حـ ب ى باعتبار أن حـ ى عموديا على صم صه. ولذا يظهر لنا منه الجزء حـ هـ ب مضيئا والباقي ب ى معتما.

والآن لو فرضنا الدائره (شكل ١٦ ب) هـ ى و حـ تمثل نصف الكره من القمر المواجه للأرض ، صم مركزها فان هـ ب و يمثل الحد الفاصل بين الجزء المضيء من هذا السطح والجزء المعتم، مسقطه على المستوى هـ ى و حـ العمودى على الخط البصرى عبارة عن نصف القطاع الأهليلجى هـ ب َ و

وعليه فالجزء المضيء من سطح القمر في هذا الوضع هو مجموع مساحتى نصف الدائره هـ حـ و و نصف القطاع الأهليلجى. وكلما اقتربت ب من ى يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر. ويكون بدرا عندما تنطبق ى على ب ومعتما عندما تنطبق حـ على ب. وبعبارة أخرى يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر كلما صغرت الزاويه سه صم صه

وهكذا نرى أن مساحة هذا الجزء المضيء تتوقف على مقدار الزاويه التى بين الشمس والقمر عند الأرض

ويولد القمر في اللحظة التى يكون فيها الفرق بين خطى طول الشمس والقمر صفرا أى عندما يكونان في ناحية واحدة من الأرض . ويحسب عمره بالأيام ابتداء من هذه اللحظه

ومن السهل أن نرى أنه لو كان بالقمر أناس مثلنا لرأوا أرضنا تتشكل بأشكال كأوجه القمر، ولكنها عكسيه، أى انه عندما يكون القمر بدرا بالنسبه لسكان الأرض تكون الأرض محاقا بالنسبه لسكان القمر وهكذا.

مدار القمر

إن حركة القمر بالنسبه للأرض أكثر تعقيدا من حركة الشمس . ويمكننا ان نستنتج من اختلاف قطر القمر فى اوقات مختلفة أن بعده عنا غير ثابت تماما وأن مداره حول الأرض ليس دائره تامة بل قطاعا ناقصا (بيضى الشكل) كمدار الأرض حول الشمس

ولقد وجد أن الاختلاف المركزى فى مداره اكبر منه فى مدار الأرض بكثير اذ يبلغ $\frac{١}{٢٠}$ تقريبا . وهذا يفسر لنا لأول وهله حركته غير المنتظمه ويميل مستوى مدار القمر على مستوى الدائره الكسوفيه بمقدار ٤٣ً ٨َ ٥° وقد عرف من قديم الزمن أن مستوى مدار القمر غير ثابت فى الفضاء ، وأن نقطتى تقاطعه مع الدائره الكسوفيه (وتسميان بالعقدتين) تتحركان فى هذه الدائره وتتمان دورة كاملة بالنسبه للنجوم الثابته فى $١٨ \frac{٢}{٣}$ سنه . ووجد أيضا أن ميله على الدائره الكسوفيه غير ثابت .

الباب الرابع

ظواهر فلكية

حركة الشمس الظاهرية - تقهقر الاعتدالين - اختلاف طول الليل والنهار الفصول الفلكية . كسوف الشمس وخسوف القمر . المد والجزر . الشفق

. . .

نتكلم هنا عن بعض الظواهر الفلكية التى تنشأ عن حركة النيرين الشمس والقمر بالنسبة للارض لأهميتها الخاصة فى حياتنا .

حركة الشمس الظاهرية

عرفنا فى الباب الاول الدائرة الكسوفية بأنها المسار الظاهرى للشمس وسط النجوم أثناء السنة . وقلنا أن هذا المسار عبارة عن دائرة عظمى تميل على دائرة المعدل بزاوية معلومه مقدارها ½ ٢٣° تسمى الميل الأعظم . وان هذه الدائرة تتقاطع مع دائرة المعدل فى نقطتين هما نقطتا الاعتدال الربيعى والاعتدال الخريفى . أما النقطة التى تبلغ الشمس فيها أقصى ميلها فى نصف الكرة الشمالى فتسمى المنقلب الصيفى والتى تبلغ الشمس فيها أدنى ميلها فى نصف الكرة الجنوبى فتسمى المنقلب الشتوى . وتكون الشمس فى النقطة الاولى فى ٢١ مارس وفى الثانية فى ٢٣ سبتمبر وفى الثالثة فى ٢١ يونية وفى الرابعة فى ٢٢ ديسمبر من كل عام .

ولقد قسم الفلكيون منذ أقدم العصور النجوم التى ترى حول الدائرة

الكسوفية الى أثنى عشر مجموعة أسموها البروج وهى الحمل والثور والجوزاء والسرطان والأسد والسنبلة والميزان والعقرب والقوس والجدى والدلو والحوت. فيقال أن الشمس فى هذا اليوم فى الميزان وستدخل فى يوم كذا برج العقرب . ولكن يجب أن لا ننسى أن حركة الشمس هذه وسط البروج ليست سوى حركة ظاهرية نشأت عن دوران الأرض نفسها حول الشمس كأخواتها السيارات الأخرى . وعلى ذلك فأنه عندما يقال أن الشمس فى الحمل مثلا تكون الأرض فى برج الميزان وهكذا

ونظرا لدوران الارض حول نفسها من الغرب الى الشرق تبدو الشمس ترسم فى كل يوم دائرة عمودية على محور العالم، ولما كان ميلها على دائرة المعدل وبالتالى أرتفاعها فوق الافق دائب التغيير نجد أن المنحنى الذى ترسمه على سطح الكرة السماوية فى يوم واحد ليس دائرة صحيحة

(شكل ١٧)

بل منحن غير مغلق كطية من طيات منحن حلزونى وهكذا فى كل يوم .

تقهقر الأعتدالين

تدلنا خرائط النجوم العتيقة الموروثة سواء عن المصريين أو الصينيين أو الكلدانيين أن منظر السماء وما عليها من مجموعات عديدة من النجوم هو بعينه الذى نراه اليوم. ولو أن أجدادنا هؤلاء يحدثوننا فى ما وصل الينا من وثائقهم التاريخية على أن هذه المجموعات كلها لم تكن تدور منذ خمسة آلاف سنة حول هذا النجم الذى فى طرف كوكبة الدب الاصغر وانما حول نجم آخر من كوكبة التنين .

ولقد كان هباركس أول من اكتشف هذه الظاهرة الغريبة ثم فسرها الاستاذ العلامة نيوتن بعد ذلك بقرون عديدة على أساس نظرية الجاذبية .

وجد هباركس أن القطب السماوى غير ثابت فى الفضاء ، بل يدور فى حركة تقهقرية حول قطب الدائرة الكسوفيه فيتم دائرة نصف قطرها ½ ٢٣° فى نحو ٢٥٫٨٠٠ سنة، بمعدل ٥٠٫٢ فى السنة الواحدة. وينشأ عن ذلك تحرك نقطتى الاعتدالين غربا فتتغير تبعا لذلك أحداثيات النجوم الثابتة.

أما تفسير نيوتن لهذه الظاهرة فهو أن الأرض ليست كاملة التكور ولذلك كان تأثير جاذبية الشمس والقمر عليها بحيث يجعل محورها يتمايل فى الفضاء السماوى، ويدور قطب العالم ببطء وتؤده حول قطب الدائرة الكسوفيه، فكأن الارض أشبه شيء بنحلة دوارة عظيمة معلقة فى الفضاء تدور تحت تأثير عامل ما يغير اتجاه محور دورانها على الدوام.

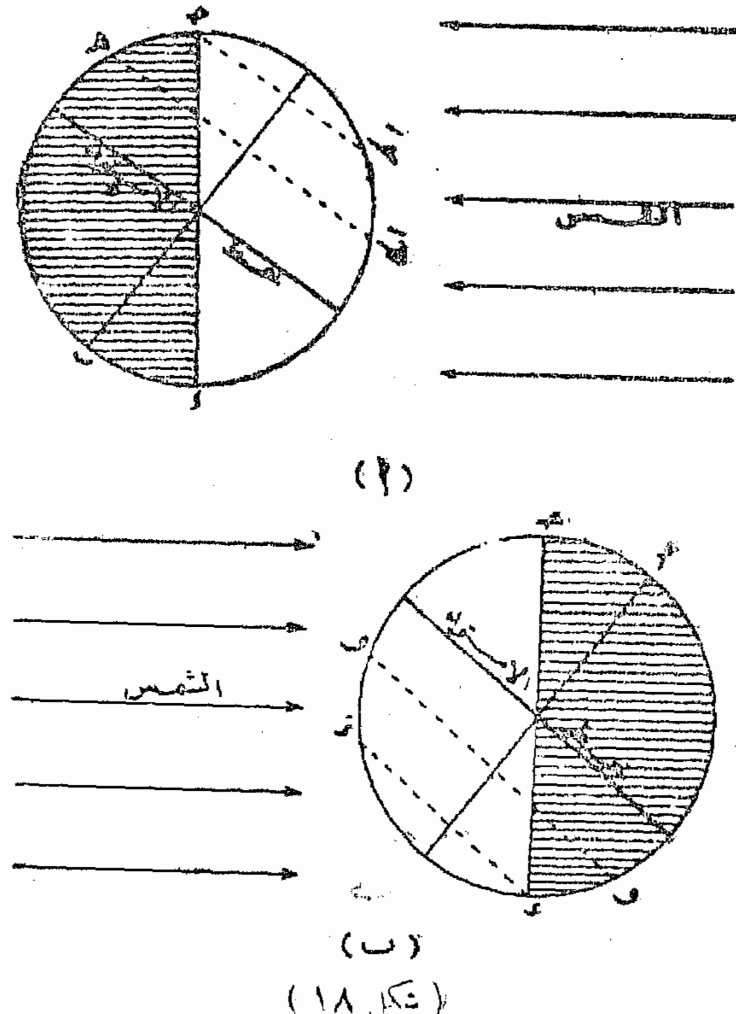
وليس أدل على هذه الظاهرة من التغيير المحسوس فى احداثيات النجوم مطالعها المستقيمة وميولها منذ عهد هباركس وتقهقر نقطة الاعتدالين منذ ذلك الحين من برج الحمل الى برج الحوت .

ولا يتسع المقام هنا للافاضة فى هذا الموضوع ولكن ماذكر يكفى لتوضيح كيف أن النجم القطبي الذى تدور حوله النجوم لم يكن هو نفس النجم الذى كانت تدور حوله منذ آلاف السنين، وأنه لن يظل فى موقعه هذا من الفضـــاء عند القطب السماوى على مر الدهور الطويلة بل سيبتعد عنه تدريجيا إلى أن يكون ثمة نجم آخر يقع عند القطب ولو أن ترتيب النجوم بالنسبة لبعضها البعض سيظل على حاله.

اختلاف طول الليل والنهار

عند كلامنا على الحركة اليوميه للاجرام السماويه . قلنا إن هذه الحركة ظاهرية فحسب. منشؤها دوران الارض نفسها حول محورها. وقلنا أيضا إنه بسبب هذه الحركة تنشأ ظاهرة الليل والنهار .

ومن المعروف أن أطوال الليل والنهار تختلف فى اليوم الواحد باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض كما تختلف فى المكان الواحد من يوم إلى يوم. ومنشأ هذه الظاهرة ميل محور الارض بالنسبة لمستوى مدارها حول الشمس المسمى بالدائرة الكسوفية . فلوكان هذا المحور عموديا على الدائرة الكسوفيه – كما يحدث عند الاعتدالين لوجدنا أن أشعة الشمس تقع عمودية على جميع النقط من محيط خط الاستواء ولا تكون عموديه فى غيرها فى أى يوم من أيام السنة. ونتيجة لذلك يتساوى الليل والنهار طولا فى جميع انحاء الكرة الارضية ويبلغ اثنتى عشرة ساعة لكل منهما . وكذلك تتساوى كمية الحرارة التى تستمد



(أ)
(ب)
(شكل ١٨)

من الشمس فى جميع نقط دائرة خط العرض الواحد فى اليوم الواحد على مرور الايام بفرض أن بعد الارض من الشمس يظل ثابتا .

ولكن الواقع أن محور الارض ليس عموديا على الدائرة الكسوفية إلا عند الاعتدالين و (الشكل ١٨ ا) يمثل اتجاه أشعة الشمس بالنسبة للأرض اثناء صيف المناطق التى تقع شمالى خط الاستواء . وبما ان اى نقطة مثل هـ ترسم فى الفضاء بسبب دوران الأرض حول محورها ا ب دائرة خط العرض الواقعة عليها هـ هـ ، نجد ان هذه النقطة من نصف الكرة الشمالى تمكث فى نصف الكرة حـ هـ َ ى الذى تضيئه أشعة الشمس زمنا اطول مما تمكثه فى النصف المظلم حـ ب ى ولهذا يكون نهار مثل هذه النقطة أطول من ليلها . فتشرق الشمس فيها عندئذ قبل الساعة السادسة صباحا وتغرب بعد الساعة السادسة مساء بالنسبة لوقتها المحلى . ويزيد طول اليوم تدريجيا كلما اقتربنا من القطب الشمالى حتى تصل الى دائرة خط عرض معين حـ حـ َ تستمر مع دوران الارض حول نفسها داخل الكرة المضاءة بأشعة الشمس . فيكون على جميع بقاعها نهار غير منقطع . وفى منتصف الصيف نجد أن هذه الدائرة من دوائر خط العرض تبعد عن القطب الشمالى بزاويه قدرها ½ ٢٣° . أو بعبارة أخرى فان عرضها يساوى ½ ٦٦° شمالى خط الاستواء وتكون الشمس فى ذلك اليوم عمودية على مدار السرطان (خط عرض ½ ٢٣ شمالا)

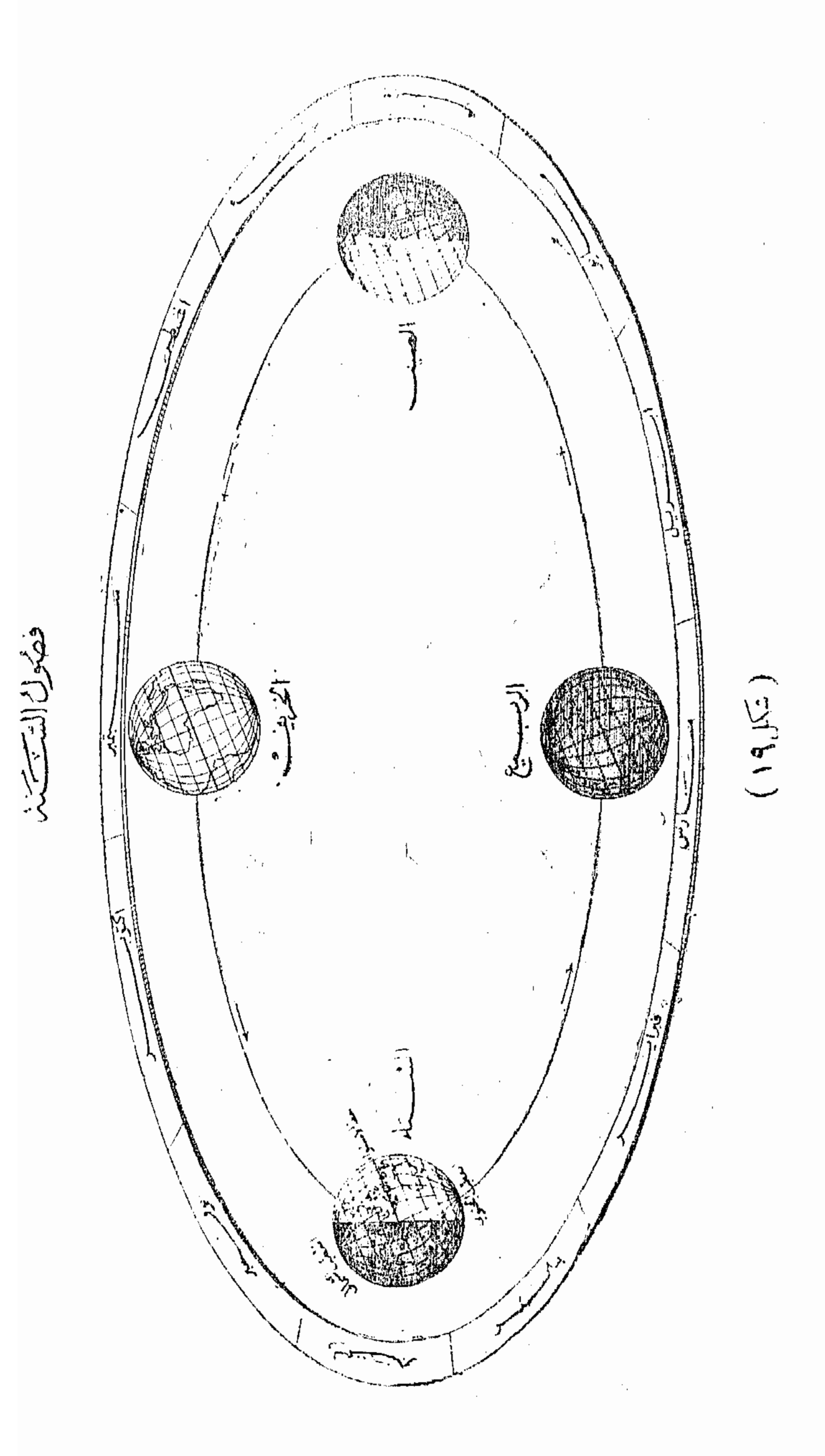
ومن الواضح أن النهار يكون غير منقطع شمال خط ½ ٦٦° قبل وبعد ذلك اليوم فعند خط عرض ½ ٦٦° تستمر الشمس فوق الافق مدة ٢٤ ساعة فى السنة

وعلى	»	½ ٦٧	» » » » » شهر »
»	»	٦٨	» » » » » شهرين »
وعند القطب تماما			» » » » » ستة شهور »

وكذلك يستمر الليل دون انقطاع فى هذه البقاع مددا متساوية كالمبين آنفا، إلا أن الشفق الطويل المدى والقمر الذى لا يكاد يغيب عن آفاقها فيما بين الربع الاول والاخير اثناء شهرى ديسمبر ويناير كلاهما يخفف من حدة الظلام فى هذه المناطق فى تلك الاوقات .

ومن السهل بعد ذلك أن نتبين من الشكل (١٨ ب) أن مثل هذا يحدث أيضاً فى المناطق الجنوبية فيطول النهار فيها أو يقصر حسب مقدار ميل أشعة الشمس . وعند منتصف صيفها (٢٢ ديسمبر) تتعامد الأشعة على مدار الجدى (٢٣ ½° جنوبا) فلا تغيب الشمس عن آفاق البقاع التى على خط ٦٦ ½° جنوبى خط الاستواء فى هذا اليوم فقط . أما جنوبى هذا الخط فيكون فيها نهار متصل قبل وبعد هذا اليوم أياما يطول عددها أو يقصر حسب قربها أو بعدها من القطب الجنوبى وبطريقة مشابهة تماما لما يحدث فى نصف الكره الشمالى التى ذكرناها آنفا .

فصول السنة



(شكل ١٩)

الفصول الفلكية

يمثل الشكل (١٩) مواقع الارض بالنسبة للشمس اثناء مسارها في الدائرة الكسوفية ويبين اتجاه ميل محور الارض في الفضاء وبالنسبة للشمس التي تقع في وسط المدار تقريبا .

وفي ٢١ مارس من كل عام تكون الشمس في نقطة الاعتدال الربيعي وفي ٢١ يونيه تكون الشمس في المنقلب الصيفي وفي ٢٣ سبتمبر تكون في الاعتدال الخريفي وفي ٢٢ ديسمبر تكون في المنقلب الشتوي .

ففي الحالة الاولى تكون الشمس في برج الحمل وتكون الارض في الموضع من الفضاء المقابل له أي في برج الميزان وفي هذا اليوم تكون الشمس على دائرة المعدل وأشعتها عمودية على جميع نقط محيط خط الاستواء ويتساوى الليل والنهار في جميع أجزاء المعمورة .

وفي أثناء حركة الارض في الفضاء حول الشمس يظل اتجاه محورها ثابتا لا يتغير . ولذلك نجد أنه على تعاقب شهور السنه حيث تدخل الشمس بعد ذلك برجي الثور والجوزاء على التعاقب يزيد ميل الشمس تدريجيا (شكلي ١٧ و ١٨) وبالتالي ارتفاعها فوق آفاق المناطق الشمالية ويصير القطب الشمالي مائلا نحو الشمس فتتعامد الاشعة على بعض دوائر خطوط العرض في نصف الكرة الشمالي ويزيد طول النهار وينقص طول الليل تدريجيا إلى أن تدخل الشمس في برج السرطان . وفي ٢٢ يونيه تقع اشعتها عمودية على مدار السرطان ($٢٣\frac{١}{٢}$° شمالا) ، فتبلغ عندئذ اقصى ارتفاعها فوق آفاق المناطق الشمالية من سطح الارض ، ويبلغ النهار أقصى طوله والليل اقصره في هذه المناطق كما أسلفنا

فى هذا الوقت يكون منتصف الشتاء بالنسبه لسكان نصف الكرة الجنوبى (شكل١٨ ب) حيث تكون أشعة الشمس ابعد مايكون عن التعامد على السطح وهو عامل له اهميته القصوى فى تحديد الفصول الفلكية كما سنرى فيما بعد.

وفى الشهور التالية يوليه وأغسطس وسبتمبر تمر الشمس فى بروج السرطان والاسد والسنبلة تباعا ويميل القطب الشمالى تدريجيا الى الناحية الاخرى وينقص ميل الشمس تدريجيا على دائرة المعدل وكذا تقل أرتفاعاتها على آفاق المناطق الشمالية يوما بعد يوم حتى ٢٣ سبتمبر. فى هذا اليوم تكون الشمس مرة أخرى على دائرة المعدل ويتساوى الليل والنهار طولا فى جميع أنحاء المعمورة إذ تقع الأشعة عمودية على محيط خط الاستواء.

ومن ثم يستمر ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق المناطق الشمالية فى التناقص تدريجيا أثناء مرورها فى بروج الميزان والعقرب والقوس أثناء شهور اكتوبر ونوفمبر وديسمبر حتى يبلغا حدودهما الدنيا فى ٢٢ ديسمبر وفى هذا اليوم يكون الليل أطوله والنهار أقصره فى جميع بقاع نصف الكرة الشمالى، والعكس بالنسبة لنصف الكرة الجنوبى.

ومن ذلك الوقت يبدأ ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق الاقطار الشمالية فى الزيادة بالتدريج وتمر ببروج الجدى والدلو والحوت على التعاقب، أثناء شهور يناير وفبراير ومارس حتى تصبح عموديه على خط الاستواء عندما تصل الى منطقة الأعتدال الربيعى مرة أخرى فى ٢١ مارس.

أما العوامل الرئيسية التى تؤثر فى تحديد مقدار تأثير نقطة من سطح الأرض بحرارة الشمس فهى

اولا — المسافه التى بين الأرض والشمس فى أى وقت

ثانيا — ميل أشعة الشمس على السطح حينئذ

ثالثا — طول الفترة التى يتعرض فى أثنائها السطح لحرارة الشمس أى طول النهار.

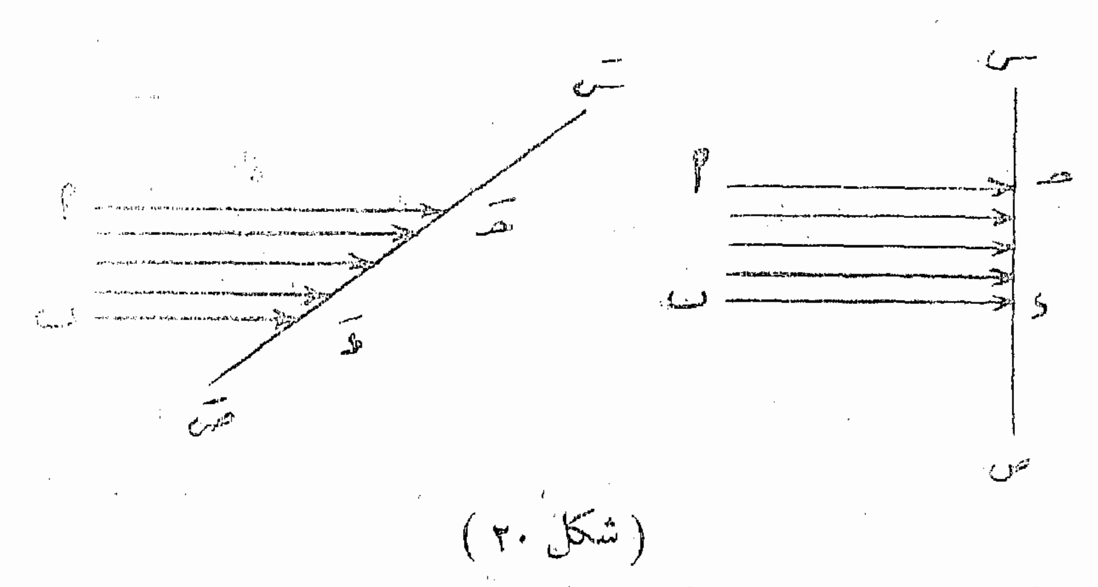
وتتكون الفصول الفلكية كنتيجة لتغير مقادير هذه العوامل مجتمعة على مدار السنة فى جميع النقط من سطح الأرض

ولقد رأينا أنه كلما كانت أشعة الشمس أقرب الى التعامد على نقطة ما من سطح الأرض يزيد النهـــار طولا ، على حساب نقصان طول الليل وبالعكس كلما بعدت اشعة الشمس عن التعامد على السطح زاد الليل طولا على حساب النقص فى طول النهار

أما تأثير عامل ميل الأشعة على السطح فله أهمية عظمى فى تحديد الفصول الفلكية كما سنرى فيما بعد . وقبل أن نعالج تأثير العاملين الآخرين يستطيع القارىء أن يتأمل الشكل (٢٠) ليدرك أهمية العامل الثانى

فالحزمة من الأشعة الحراريه أى التى تسقط عمودية على السطح س ص تؤثر فيه بمقدار أكبر مما لو كان السطح مائلا كما فى الوضع س َص َ (شكل ٢٠ ب) فهى فى الحالة الاولى تتوزع على مساحة أصغر عرضها حـ ء وفى الحالة الثانية تتوزع على مساحة أكبر عرضها حـ َء َ فمن الواضح أن

ما يخص وحدة المساحات فى الحالة الاولى أكبر منه فى الحالة الثانية . وهكذا يكون تأثير الأشعة الحرارية على سطح ما أكبر ما يمكن إذا كان السطح عموديا على اتجاه الاشعة وأقل ما يمكن إذا كان موازيا له .



(شكل ٢٠)

والآن نلاحظ أن الارض عندما تكون أبعد ما يكون من الشمس تكون الاشعة أقرب ما يمكن إلى التعامد على السطح ، والنهار أطوله فى نصف الكره الشمالى ، وتلعب الثلاثة عوامل السالفة الذكر أدوارها المختلفة أما تأثيرها مجتمعة فاشتداد الحرارة نسبيا ووقوع فصل الصيف فى المناطق الشمالية من سطح الارض . ذلك لأن العامل الأول يحجبه تأثير العاملين الآخرين . ولما كانت النسبة بين الحدين الأعلى والأدنى لبعد الارض من الشمس هى كنسبة ١٠٣ : ١٠٠ فكمية الحرارة التى تستمدها الارض فعلا أثناء شتاء المناطق الشمالية إلى كمية الحرارة التى تستمدها منها أثناء صيف هذه المناطق هى كنسبة (١٠٣ : ١٠٠)٢، أى أن الكمية الاولى أكبر من الثانية بنحو ٦٪ وذلك تطبيقا للقانون التربيعى العكسى المعروف . فهذه الزيادة الطفيفة فى كمية الحرارة التى تستمدها الارض من الشمس فى

هذا الموضع يحجب تأثيرها النسبي عاملا ميل الاشعة السالف الذكر وكون نهار المناطق الشمالية يكون فى هذه الحالة أطول من الليل . أضف الى ذلك أن الاشعة فى الشتاء تخترق مسافات من الطبقة الهوائية أطول نسبيا منها فى الصيف بسبب ميلها فيضعف ذلك من تأثيرها بمقادير تزيد فى الشتاء عنها فى الصيف

وقد يتبادر الى الذهن من التأمل فى شكل (١٩) أن متوسط درجة الحرارة لا يختلف فى الخريف عنه فى الشتاء كثيراً ، ولكن الواقع أنه ولو أن كمية الحرارة التى تستمدها نقطة ما من سطح الارض أثناء هذين الفصلين تكاد تكون واحدة ، الا أن ما تخزنه الأرض أثناء الصيف يجعل الخريف أدفأ من الشتاء

هذا العامل هو بعينه الذى يعزى اليه اختلاف درجة الحرارة أثناء اليوم الواحد . ولو تأملنا درجة الحرارة فى مكان ما أثناء يوم من الأيام لوجدنا أن اللحظة التى تصل فيها درجة الحرارة حدها الأعلى لا تطابق اللحظة التى يستمد فيها السطح عند هذا المكان أكبر كمية من حرارة الشمس وهى اللحظة التى تكون فيها الشمس على خط الزوال (عند الظهر) بل يقع ذلك حوالى الساعة الثالثة بعد الظهر صيفا ، وحوالى الساعة الثانية بعد الظهر شتاء . لأن أى نقطة من سطح الارض تكتسب من حرارة الشمس منذ بدء طلوعها أكثر مما تشعه فى الفضاء فترتفع درجة الحرارة عندها تدريجيا حتى حوالى الساعة الثالثة بعد الظهر ، ثم تتناقص تدريجيا الى اليوم التالى .

وتصل درجة الحرارة حدها الأدنى بوجه عام فى المناطق الشمالية فى شهر فبراير ، ومنذ ذلك الوقت حتى دخول الشمس فى المنقلب الصيفى تخزن الارض من حرارة الشمس باستمرار ، ويتشعع المخزون تدريجيا حتى تصل الحرارة حدها الأعلى فى شهر أغسطس . ونجد الصيف أشد حرارة من الربيع .

وبتطبيق قوانين كبلر نجد أن أطوال الفصول الفلكية غير متساوية الطول . والجدول الآتى يبين أطوالها للمناطق التى فى نصف الكرة الشمالى

	ساعة	يوم
الربيع — من الاعتدال الربيعى للمنقلب الصيفى	٢١	٩٢
الصيف — من المنقلب الصيفى للاعتدال الخريفى	١٤	٩٣
الخريف — من الاعتدال الخريفى للمنقلب الشتوى	١٨	٨٩
الشتاء — من المنقلب الشتوى للاعتدال الربيعى	١	٨٩

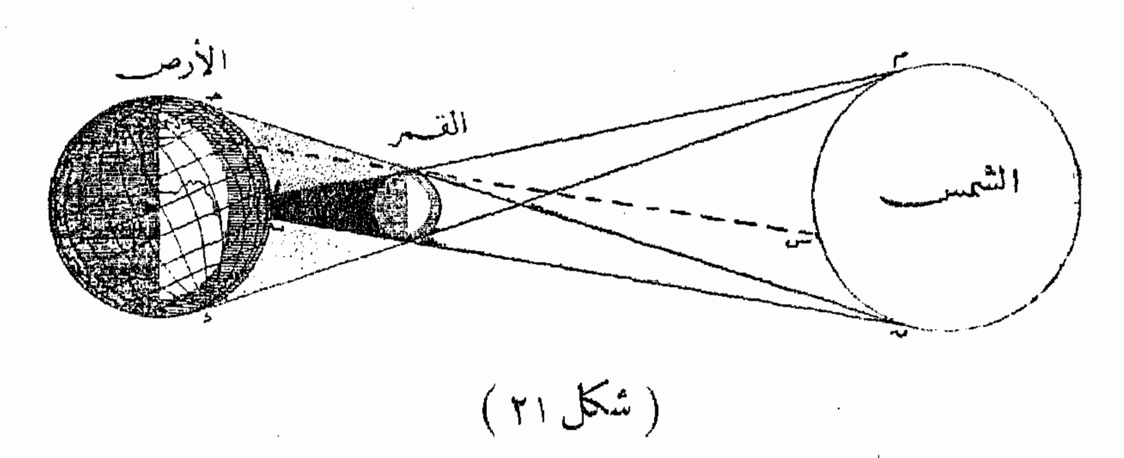
ويقابل صيف المناطق الشمالية شتاء المناطق الجنوبية ، وربيع الأولى خريف الثانية .

وإجمالا لما ذكر نلاحظ ان العامل الأكبر فى تكوين الفصول الفلكية هو ميل محور الأرض على الدائرة الكسوفية ، فلو كان مدار الأرض حول الشمس هو دائرة المعدل بدلا من الدائرة الكسوفية لظل محور الأرض باستمرار عموديا على مدارها ولصار اتجاه أشعة الشمس عموديا على خط خط الاستواء ، وفى غيرها يكون ميل الأشعة فى أى نقطة ثابتا طول السنه ويتساوى الليل والنهار طولا فى جميع أنحاء الأرض وبصرف النظر عن اختلاف الحرارة بسبب اختلاف بعد الأرض من الشمس ، فإن ظاهرة الفصول الفلكية تتلاشى تماما ، وهى من أهم الظواهر الرئيسية فى حياة كل كائن حى على سطح الأرض .

كسوف الشمس

يحتجب ضوء الشمس عنا عندما يكون القمر بيننا وبينها ، لأن القمر — كما رأينا — جسم معتم .

ولما كان القمر يدور حول الأرض مرة فى كل شهر فلنا أن نتوقع لأول وهلة تكرار ظاهرة كسوف الشمس مرة فى كل شهر . وهو ما لا يحدث فى الواقع، ذلك لأن مستوى مدار القمر (ب ه ب َ ه َ شكل ٢٢) يميل على مستوى الدائرة الكسوفية بنحو ٥ ١/٤° ، ولذلك لا يكون القمر فى المستوى الذى يحتوى الأرض والشمس فى كل دورة . ونتيجة لذلك لا يقع الكسوف فى كل مرة



(شكل ٢١)

ويوضح الشكل (٢١) كيفية حدوث هذه الظاهرة عندما يتوسط القمر فى ابتداء الشهر القمرى بين الشمس والارض فيحجب ضوء الاولى عن الثانية فيما بين النقطتين (ا ، ب) من سطح الارض حيث يقابل المماسان الخارجيان لسطحى الشمس والقمر سطح الارض فلا ترى الشمس مطلقا فى أية نقطة من مقطع المخروط لسطح الأرض عند ا ب إذ يحول دون ذلك وجود القمر فى هذا الوضع

ويحد المماسان الداخليان م ى ، م ى ح المنـــاطق الاخرى من سطح الارض التى يكون احتجاب الشمس فيها جزئيا . ففى النقطة هر مثلا لايحجب القمر سوى الجزء الاسفل من قرص الشمس هو امتداد ه س

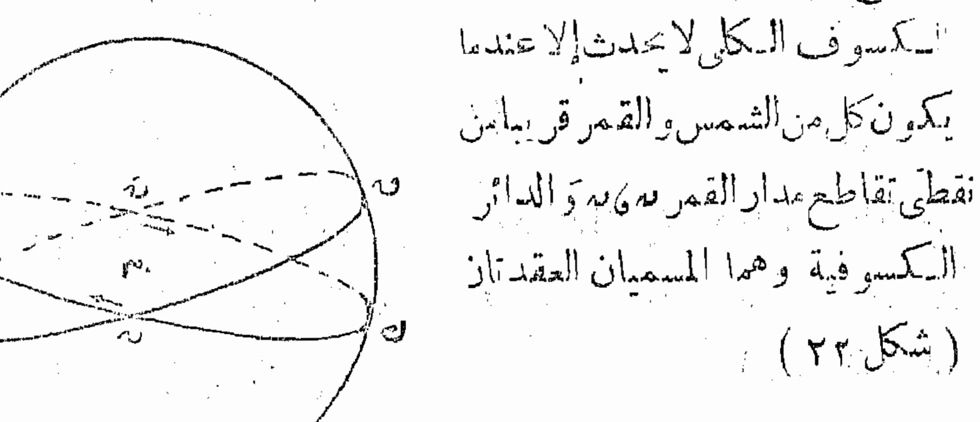
والعاملان الأساسيان فى حدوث الـكسوف الكلى للشمس فى نقطة ما هما

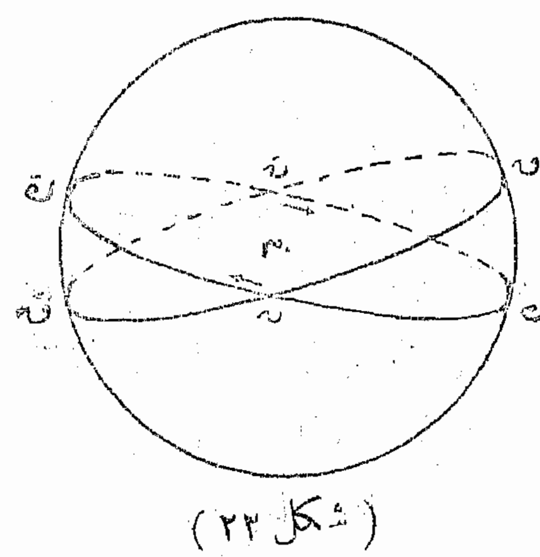
اولا ـ مقدار الزاوية التى بين حافتى القمر عند سطح الأرض بالنسبة الى مثلها بين حافتى الشمس والتى تقدر باثنتين وثلاثين دقيقة قوسية وباكثر من ذلك قليلا للقمر .

ثانيا ـ وقوع مراكز الشمس والقمر والأرض على خط مستقيم .

وتوفر الشرط الأخير غير ممكن فى اوائل كل شهر قمرى للسبب الآنف الذكر .

ولما كانت الشمس تقطع الدائرة الـكسوفيـة فى $\frac{1}{4}$٣٦٥ يوما ، والقمر يقطع مداره حول الأرض بالنسبة للنجوم الثابتة فى $\frac{1}{3}$٢٧ يوما . نجد ان الـكسوف الـكلى لا يحدث إلا عندما يكون كل من الشمس والقمر قريبا من نقطتى تقاطع مدار القمر ن ن َ والدائرة الـكسوفية وهما المسميان العقدتان (شكل ٢٢)





(شكل ٢٢)

فلو فرضنا الارض هى المركز وأن الشمس فى نقطة ك من مدارها

والقمر فى نقطة ق من مداره فان حدوث الكسوف مستحيل فى هذه الحالة . إذ تبلغ الزاوية بين الشمس والقمر عند سطح الأرض م إذ ذاك ١/٤ ٥°

وحركة القمر حول الأرض اكثر تعقيدا من حركة الشمس فمداره ليس دائريا تاما بل بيضيا كما يدل عليه تغير مقدار الزاوية التى بين حافتيه باستمرار ويبلغ الاختلاف المركزى لمداره ١/١٢ . وفضلا عن ذلك فان الشمس تؤثر عليه بالجاذبية ويتغير نتيجة لذلك شكل مداره . ولقد وجد ان العقدتين ن ، نَ غير ثابتتين بل تتحركان على الدائرة الكسوفية حركة تقهقرية (فى اتجاه السهم) بمعدل دوره كاملة فى الدائرة الكسوفية كل ١٩ سنه تقريبا . وتتحرك الشمس بالنسبة للارض م فى الاتجاه ن كَ نَ وعلى ذلك فالزمن الذى يمضى بين عبورين متتاليين للشمس بإحدى العقدتين يساوى ٣٤٦ر٦٢ يوما وهذه الفتره تسمى السنة الكسوفيه .

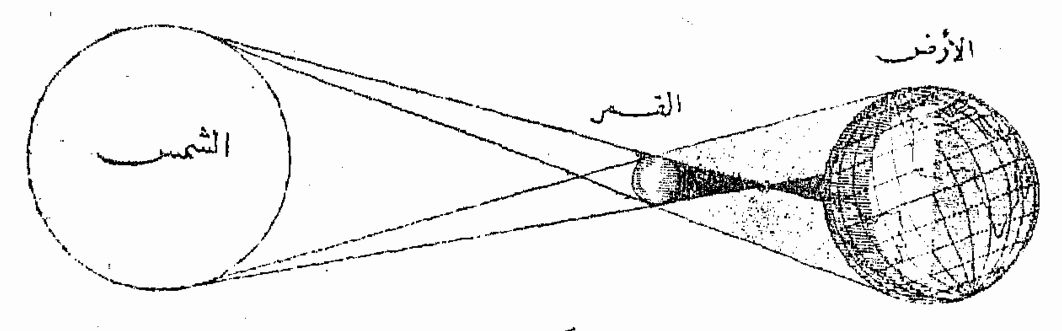
ولما كان طول الشهر القمرى وهو مدة دورة القمر حول الارض بالنسبة للشمس يساوى ٢٩ر٥٣ يوما نجد أن ١٩ سنة كسوفية تحوى ٦٥٨٥ر٧٨ وهو ما يعادل ٢٢٣ شهرا قمريا مقـــدارها ٦٥٨٥ر٧٨ يوما تقريبا .

فلو فرضنا انه فى ابتداء احد الشهور القمرية كان كل من الشمس والقمر قريبا من احدى العقدتين – ن مثلا – فوقع كسوف الشمس فإنه بعد مضى ٦٥٨٥ر٧٨ يوما يكون القمر مرة اخرى فى المحاق وتكون الشمس قريبة من نقطة ن فيحدث كسوف آخر للشمس .

وتسمى الفترة الزمنية السالفة الذكر والتى تساوى ١٨ سنة شمسية و ١١ يوما الساروس (Saros) وقد كانت معروفة لدى الفلكيين من قديم الزمان . ومن

الواضح أن أي كسوف للشمس يتكرر حدوثه بنفس الظروف بعد فترة من الزمن تساوي هذه الفترة. وهكذا يتاح لنا التنبؤ بظواهر الكسوف جميعا مستقبلا على وجه التقريب. غير أنه عند حساب ظروف هذه الظاهرة بالدقة لا بد من معرفة حركة كل من الشمس والقمر بالنسبة للارض. ومما هو جدير بالملاحظة أن الكسوف الكلي للشمس لا تتجاوز مدته أكثر من ثمان دقائق في أحسن الظروف.

الكسوف الحلقي: شرحنا آنفا الظروف التي قد يكون فيها كسوف الشمس كليا أو جزئيا. والآن لما كان مدار القمر بيضيا ذا اختلاف مركزي كبير فأن بعده من الارض يتراوح بين ٢٢٢٠٠٠ ميل عندما يكون في نقطة الحضيض من مداره و ٢٥٣٠٠٠ عندما يكون في نقطة الأوج المقابلة ولقد قدر طول ظل القمر بنحو ٢٣٢٠٠٠ ميل ± ٤٠٠٠ ميل، لذلك نجد أن ظل القمر قد يكون كافيا في بعض الأحيان لبلوغ سطح الأرض فيكون ثمة كسوف كلي



(شكل ٢٣)

في نقط معينة من سطح الأرض. أما في معظم الأحيان فان ظل القمر يقصر عن بلوغ سطح الأرض ويكون قطره الظاهري أصغر من قطر الشمس (شكل ٢٣) وفي هذه الاحوال يشاهد الراصد عند النقطة من سطح الأرض الواقعة على امتداد الخط بين مركزي النيرين نوعا آخر من أنواع

الـكسوف يعرف بالـكسوف الحلقى فيرى قرص القمر المعتم محاطا بحلقة مضيئة من قرص الشمس

. . .

أهمية الـكسوف الـكلى : ورغم أن الـكسوف الـكلى لا يقع الا نادرا . وأنه لا يستغرق الا فترة وجيزة لا تتجاوز بضعة دقائق ، فان له من الأهمية العلمية البالغة ما يقتضى العلماء والفلـكيين بذل الجهود المختلفة مقدما فى الاستعداد لرصده وتحمل المشاق الـكثيرة فى سبيل ذلك : فـكثيرا ما يكون وقوعه فى مناطق نائية وبعيدة عن العمران . ذلك لأنه يتيح لهم فرصة فريدة فى نوعها للقيام بدراسات علمية مختلفة لا تتوفر لهم فى غير هذه المناسبة نذكر منها على سبيل المثال ما يأتى

أولا — دراسة أكليل الشمس فوتوغرافيا بعدسات ذات بعد بؤرى طويل وبالمطياف وبالأجهزة الضوئية الحساسة والمستقطبة

ثانيا — البحث عن سيارات أو مذنبات بالقرب من الشمس

ثالثا — تحقيق نظرية النسبية العامة لاينشتين بتصوير النجوم القريبة من الشمس وقياس الانحراف الناشىء من تأثير جاذبية الشمس على ضوئها

رابعا — دراسة تأثير الـكسوف الـكلى على الموجات اللاسلـكية وعلى الاخص القصيرة

خامسا — دراسة تاثير كسوف الشمس على المغناطيسية الأرضية

سادسا — تصوير طبقة ألسنة اللهب القرمزية التى توجد على سطح الشمس
سابعا — استكمال دراسة حركة القمر المعقدة

وفى كسوف كلى عام ١٩١٩ حققت البعثات البريطانية التى أوفدت لرصده فى البرازيل نظرية النسبية لاينشتين لأول مرة، فقد دلت أرصادهم وقتئذ على وجود تغير فى مواقع النجوم القريبة من الشمس بتأثير جاذبيتها على الضوء المنبعث من النجوم المنار بالقرب من الشمس، مما جعله ينحنى بمقدار ١٫٧٥ ثانية قوسية. وفى كسوف كلى عام ١٨٨٢ — الذى شوهد فى مصر — اكتشف مذنب كبير بالقرب من الشمس لم يكن معروفا من قبل. وتمكن الفلكى الانجليزى (هالى) بعد دراسة أوقات الكسوف السابقة لعهده من كشف زيادة طفيفة فى طول اليوم يعزوها العلماء الى تباطؤ دوران الأرض بتاثير قوى احتكاك المياه بالشواطىء أثناء المد والجزر

وقد تمكن العالم الفرنسى (ليو) أخيرا من استنباط طريقة لرصد أكاليل الشمس الداخلى فى أى يوم دون الانتظار لحالات الكسوف الكلى النادر، فأقام لهذا الغرض منظارا على قمة عالية من جبال البرانس لتلافى تأثير الدخان والتراب المعلق فى الهواء والسحاب. ووضع فى داخل المنظار قرصا مظلما يحجب ضوء قرص الشمس دون الأكليل الشمسى فأتاح بهذه الوسيلة امكان دراسة بعض المسائل السالفه الذكر بانتظام. ومع ذلك فلا يزال الكسوف الكلى الطبيعى أكثر صلاحية ووفاء بالغرض من أى كسوف صناعى كهذ الذى استحدثه (ليو) ويعد وحده مفتاح الكثير من الدراسات العلميه الهامة.

ويلاحظ أنه قبل أن يسير الكسوف كليا بنحو نصف ساعة يقتم لون الأرض والجو فيثير شعوراً سحريا غريبا فى نفوس البشر، وتفزع الطيور وتنبح الكلاب وتصيح الديكه وقبيل وقوع الكلية يجثم الدجاج ويتكون

الندى والصقيع فى بعض الأحيان وتطوى الزهور أوراقها

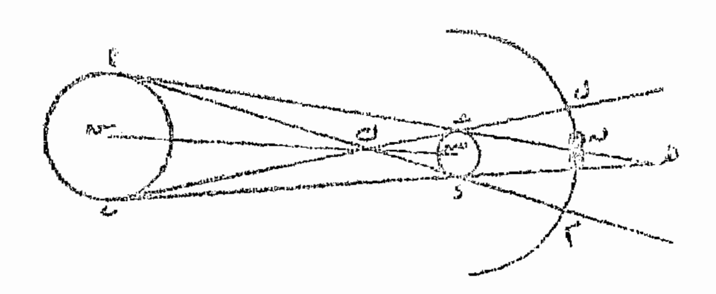
وقد يشاهد قبيل وقوع الكسوف الكلى بدقائق — حلقات ظلال خفيفة تمرق فوق السطوح البيضاء هى ظلال أمواج فى جو الأرض . وقد يرى الراصد فى الأحوال الملائمة ظل القمر ممتدا فى الهواء كأنه سحابة رعد يتحرك من الغرب بسرعة كبيرة تقدر بنحو عشرين ميلا فى الدقيقة . ويشاهد فى هذا الوقت أيضا تحول الحافة الهلالية الشكل لقرص الشمس الشرقى الى خرزات تعرف (بخرزات بيلى) نتيجة لضوء الشمس الذى ينفذ من خلال المرتفعات التى على سطح القمر عند حافته . كما يشاهد عند حافتها الغربية ضوء الأكليل الداخلى كغلاف باهت عجيب ...

ولا تلبث الخرزات عادة الا قليلا ثم يظهر بعد ذلك الأكليل وقد حدث فى أثناء كسوف ١٩٣٥ أن ظلت احدى الخرزات بادية لعيان الناظرين حتى بعد ظهور الأكليل بوضوح وكأنها قطعة من ماس

ويختلف شكل الاكليل بين كسوف وآخر ، وهو يتكون عادة من حلقة مضيئة حول الشمس ذات امتدادات فى بعض النقط قد تبلغ أضعاف قطر الشمس ، ضوؤها خافت ، وقد ترى خلالها السيارات أو النجوم . أما ضوء الأكليل نفسه فابيض لؤلؤى ، ويشتد لمعانه عند الحافة الداخلية . وقد يرى خلال المنظار شواظ قرمزية اللون كاللهب فى شكلها تمتد من الكرة اللونية الحمراء التى ترى عند احتجاب حافة الشمس أو ظهورها بعد الاحتجاب

ومع أن احتجاب قرص الشمس أثناء الكسوف ينشأ عنه ظلام مخيف ألا انه على أى حال ليس ظلاما كاملا لأن الضوء المنبعث من الاكليل — والذى يقدر بنصف ضوء القمر بدرا — وكذا ضوء الشمس الذى تعكسه السحب العالية وجزيئات الهواء — حيث يكون الكسوف عندها جزئيا — كلاهما يخفف من حدة الظلام

خسوف القمر



لو فرضنا أن س مركز الشمس ، ص مركز الأرض ، ا ح ، ب د المماسان الخارجيان ، ا د ، ب د المماسان الداخليان في مستوى الورقة نجد أنه في أى نقطة من المخروط هـ ح د تحجب الأرض كل الاشعة الضوئية من الشمس فيتكون الظل ، أما الجزء من الفضاء المحصور بين هذا المخروط والمخروط المحدد بالمماسين الداخلين ، فكل نقطة فيه يحجب فيها جزء من ضوء الشمس ، فلا تصله الأشعة من جسم الشمس كله ويسمى هذا الجزء شبه الظل . فعندما يدخل القمر مخروط شبه الظل في النقطة ل يقل الضوء الساقط عليه من الشمس تدريجيا مما لا تلاحظه العين المجردة حتى يصل الى النقطة ق من مداره التي تقع في ابتداء مخروط الظل فيقل ضوءه بسرعة حتى لا يرى . وحينئذ يخسف القمر .

وعندما يقترب القمر من النقطة التي يكون فيها الخسوف كليا يضيء قليلا بضوء الشمس الذى يمر بالانكسار في الطبقة الجويه المحيطة بالكرة الأرضية . ونظرا لامتصاص الهواء للأشعة القصيرة الموجة يكون لون القمر نحاسيا وتختلف مقدار الأضاءة في هذه الحالة بين خسوف وآخر باختلاف الاحوال الطبيعية للطبقة الهوائية .

وتختلف مدة مكث الخسوف باختلاف طول خط الاستقبال (١) فعندما يكون طوله صغيرا تطول مدة الخسوف الكلى حتى تصل الى ثلاث ساعات احيانا ، وعندما يكون طوله كبيرا تقل مدة الخسوف الكلى حتى تبلغ دقائق معدودة . وعند حدوث خسوف القمر تكون الزاوية المحصورة بين مركزى القمر والظل كما ترى من مركز الأرض

أقل من نصف قطر القمر + الزاوية ق ض هـ

أى » » » » + الزاوية حـ ق ض — الزاويه ض هـ حـ

» » » » الزاوية حـ ق ض + الزاوية ا ض ش — الزاوية ص ا حـ .

وبما أن حـ ق ض = الاختلاف المركزى(٢) للقمر ، ا ض ش = نصف قطر الشمس ، ض ا حـ = الاختلاف المركزى للشمس

نجد أن الزاوية المحصورة بين القمر والظل عند حدوث خسوف القمر يجب أن تكون أقل من نصف قطر القمر + الاختلاف المركزى للقمر + الاختلاف المركزى للشمس — نصف قطر الشمس .

المد والجزر

لهذه الظاهرة أهمية خاصة فى شئون الملاحة البحرية . وينشأ المد والجزر من جاذبية القمر لمياه البحار . ولإيضاح ذلك نفترض أن الكرة الأرضية كلها مغطاة بماء قليل الغور ، ولما كان جذب القمر للمياه اكثر من جذبه

---

(١) Line of Oppositine

(٢) Parallax وهو الاختلاف بين اتجاهى القمر من مركز الأرض (ض) ومن نقطة على سطحها (حـ).

الأرض — لان الاول أقرب نسبيا — يعلو سطح الماء الواقع فى الاتجاه نحو القمر . أما الماء الذى يغطى سطح الأرض فى الاتجاه المقابل فيكون جذب القمر له أقل من جذبه للأرض من تحته ، لأن الأخيرة أقرب الى القمر نسبيا ، ولهذا يعلو سطحه الماء أيضا فى هذا الاتجاه .

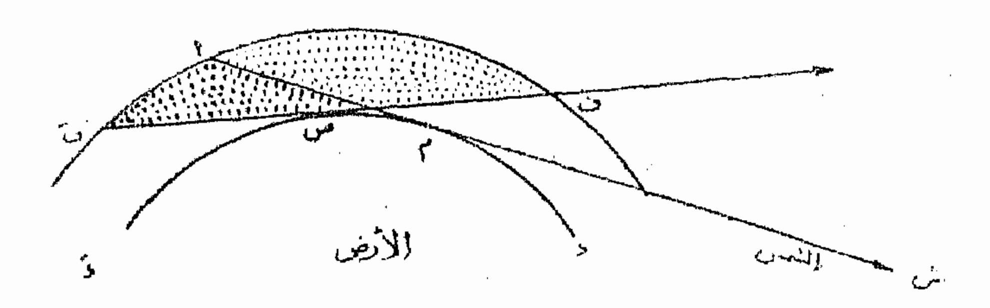
أما تأثير جاذبية القمر على مياه المحيط فى النقط الأخرى فمن البديهى أن قوة الجذب تكون فى اتجاه القمر وبتحليلها الى مركبتين متعامدتين الأولى فى اتجاه المماس للارض والثانية فى الاتجاه العمودى عليه نجد أن المركبة الأولى ينشأ عنها اندفاع الماء نحو الجهة من سطح الارض التى يتسامت عندها القمر وهكذا تتدافع المياه من جميع النقط نحو هذه النقطة الأخيرة التى تقع رأسيا تحت القمر بتأثير هذه المركبة وتكون ذروة المد عندها ، ثم تنتقل على السطح تبعا لحركة القمر حول الأرض .

ولما كان مسار القمر حول الأرض لا ينطبق على مستوى خط الاستواء ، نجد أن ذروتى المد فى النقطتين المتقابلتين غير متساويتين . إذ ينشأ عن جذب القمر للماء الذى يغطى السطح الكروى ان يكون شكل الغطاء المائى بيضيا ، محوره الأكبر فى اتجاه القمر . ولما كان تأثير الجذب على النقط من سطح الماء التى فى نصف الكرة المواجه للقمر اكثر من التى فى النصف الأخر فأن ارتفاع المد فى جميع النقط التى فى النصف الأول اكبر منه فى النصف المقابل ما لم يكن اتجاه القمر فى مستوى خط الاستواء ، ففى هذه الحالة يكون ارتفاع المد فى أى نقطة من السطح المواجه للقمر مساويا لمثله فى النقطة المقابلة لها من النصف الآخر الواقعة على نفس دائرة خط العرض . وهذا لا يحدث الا مرتين فى الشهر عندما يمر القمر بنقطتى تقاطع مساره مع دائرة المعدل .

وهناك أيضا جاذبية الشمس على جزيئات الماء وتأثيرها يماثل تأثير جاذبية القمر ، إلا انه ولو ان كتلة الشمس اكبر بكثير من كتلة القمر الا أنها ابعد عنا بكثير من القمر ، ولهذا فأن تأثيرها المدى لا يساوى اكثر من ٣/٨ تأثير القمر . ولهذا نجد ان القوتين يتحد اتجاههما عندما يكون القمر فى الربع الأول أو الربع الأخير . ونسبة المد فى الحالة الأولى الى المد فى الحالة الثانيه كنسبة ١١ + ٥ الى ١١ — ٥ أى ٨ الى ٣

وهناك عوامل أخرى تدخل فى حساب المد منها حالة شواطىء المحيطات فقد افترضنا الآن أن الارض كرة مغطاة بانتظام بالماء ومن هذه العوامل أيضا دوران الارض حول محورها ، والاختلاف المركزى لمدار القمر . مما يضيق به المقام هنا .

الشفق



لو فرضنا أن د ص دَ يمثل جزءًا من سطح الكرة الأرضية ، وأن ف ا فَ جزء من الغلاف الجوى المحيط بها ، وأن ص راصد ما وأن ش الشمس بعد الغروب بالنسبة لهذا الراصد ص ، فاذا رسمنا المماس الأرض من نقطه ص فان ف فَ يمثل الأفق المرئى بالنسبة لهذا الراصد

ولو أننا رسمنا المماس ش م ا من الشمس ماسا لسطح الارض فى م فاننا

نجد أنه رغم أن الشمس قد غابت تحت أفق الراصد ص فاحتجبت عن الانظار تماماً، فان نقطه مثل ا من الطبقة الهوائية فى سماءه لم تزل تستمد الضوء من الشمس بطريقة مباشرة ، وكذلك جميع النقط الواقعة بين ا ، ف من الطبقة الهوائية والتى تقع فوق أفق هذا الراصد .

وهكذا نرى أن الشمس حتى بعد مغيبها تحت الافق بالنسبة للراصد ص ، تشع الضوء على جزء كبير من الطبقه الهوائية المحيطة به فتعكسه الذرات والجسيمات المختلفة المعلقة فيه ، ولهذا السبب نرى الجزء من السماء الذى فوق المماس ش د مضيئا بينما نرى الجزء ا م ف الذى تحت هذا المماس مظلما وكلما هبطت الشمس تحت الافق يقل الجزء المضىء تدريجيا حتى تنطبق نقطة ا على نقطة ف وحينئذ ينعدم الضوء الذى يصل مباشرة من الشمس إلى الذرات المعلقة فى الهواء فوق أفق الراصد .

هذه هى ظاهرة الشفق الذى نراه كل ليلة بعد غروب الشمس ناحية الغرب وكل صباح ناحية الشرق قبل شروق الشمس حيث نرى جانبا من الطبقة الهوائية مضيئا ناحية الشرق ويزيد تدريجيا حتى تطلع الشمس .

غير أن هناك اختلافا يسيرا بين ظاهرتى شفق الصباح وشفق المساء . فبينما أن ضوء الشمس المنعكس من الذرات المعلقة فى الهواء عند الغروب مصفرا . ثم يتغير لونه تدريجيا حتى ينتهى بالضوء الابيض عند ابتداء الليل . نجد أن الفجر يبتدىء بظهور الضوء الابيض . ثم يصفر تدريجيا حتى ينتهى باللون الاحمر عند طلوع الشمس .

وبالرغم من ذلك فان هاتين الظاهرتين متماثلتان تماما . ويرجع اختلاف الالوان إلى اختلاف خاصية مركبات الضوء

وينتهى الشفق بعد الغروب ويبدأ قبل الشروق عند ما تكون الشمس تحت الأفق بحوالى ١٨ °.

ولقد اتفق أئمة المسلمين على إعتبار أول ظهور الشفق الأبيض شرقا هو ابتداء صلاة الفجر. واختلفوا فى تقدير مبدأ صلاة العشاء فمعظمهم يرى أنه وقت مغيب الشفق الأحمر بعد غروب الشمس وعند أبى حنيفه وبعض المالكية وقت العشاء عند مغيب الشفق الأبيض.

أما الفلكيون فقد اختلفوا فى تقدير اللحظة التى يغيب فيها الشفق الأحمر ومعظمهم يحدده باللحظة التى تكون فيها الشمس تحت الأفق غربا بنحو ٣٣َ ١٧°

أما وقت ظهور الشفق الأبيض شرقا فقد عين باللحظة التى تكون الشمس فيها تحت الأفق بنحو ٣٣َ ١٩ °

وطالما أثار البعض جدلا فى هذا الموضوع والواقع أن الفترة بين غروب الشمس ومغيب الشفق الأحمر أو بين شروق الشمس وظهور الشفق الأبيض تختلف فى المكان الواحد باختلاف الفصول والأحوال الجوية وتختلف بالنسبة لمكانين من سطح الأرض باختلاف خطى عرضيهما.

الباب الخامس

مقاييس الزمن الفلكية

اليوم النجمى - اليوم الشمسى الحقيقى - اليوم الشمسى الوسطى - معادلة الزمن - تعين وقت الظهر - السنة النجمية - السنة الشمسية - السنة المدنية - التقويم المصرى القديم - التقويم الجريجورى - التقويم القبطى - شم النسيم . التقويم الهجرى . تعيين الزمن

تقاس الأيام والشهور والسنين بمقاييس فلكية تحددها ظواهر فلكية ذات أهمية خاصة فى حياة البشر . فالأيام تقـــاس بحركة دوران الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق ، وما ينشأ عنها من اختلاف الليل والنهار وحركة الأجرام السماوية ومن بينهما الشمس والقمر ظاهريا من الشرق الى الغرب . والشهور تقاس بحركة القمر حول الأرض بالنسبة الى الشمس فيكون هلالا صغيرا فى مستهل الشهور ، ثم يكبر يوما بعد يوم حتى يصير بدرا كاملا فتخف وحشة الظلام أثناء الليل ، ومن ثم يصغر تدريجيا ويقل ماتراه من نصفه المضىء حتى يعود الى حالته الأولى. أما السنين فتقاس بحركة الأرض فى مدارها حول الشمس ، وما ينشأ عنها من تعاقب الفصول الفلكية وتحرك الشمس ظاهريا فى البروج .

أما الاسابيع وأجزاء اليوم فوحدات اصطلاحيـة للزمن . يروى أن ملوك بابل كانوا يتجنبون الفصل فى شئون الدولة فى اليوم السابع والرابع عشر من كل شهر ، وكذلك اليهود فقد كانوا منذ اقدم العصور يمتنعون عن العمل فى أيام السبت . ثم انتقلت فترة السبعة أيام الى الكنيسة المسيحية وعظم أول الاسبوع حتى وقتنا هذا .

وحدات اليوم

١ — اليوم النجمى :

إن حركة الأرض حول نفسها هى الساعة الطبيعية العظمى التى لا يعادلها شيء آخر فى دقتها . ولما كان من المستحيل صنع ساعة ميكانيكية أو كهربائية تماثل أو تفوق حركة الأرض اليومية ، أفترضنا على أسس سليمه أن طول هذه الفترة الزمنيه لحركة الأرض اليومية ثابت لا يتغير بمرور السنين . ويمكن قياس هذه الفترة بما ينشأ عن دوران الكرة الأرضية من دوران الكرة السماوية وما عليها من اجرام .

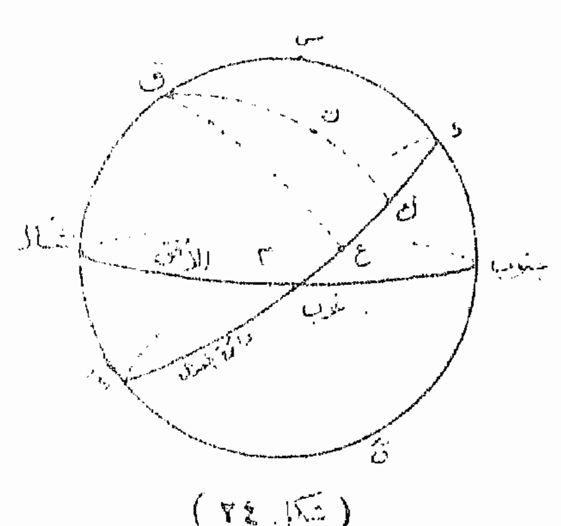
ولقد اتخذت هذه الفترة وحدة أساسية من وحدات الزمن الرئيسية وتعرف «باليوم النجمى» وتقاس بالفترة الزمنية التى تمضى بين عبورين متتالين لنقطة الاعتدال الربيعى فوق خط الزوال .

أما أجزاء اليوم النجمى فتقدر بالزاوية الساعية لنقطة الاعتدال الربيعى فى أى لحظة .

ولما كانت الزواية الساعية تقاس موجبه من خط الزوال فى اتجاه الغرب والمطالع المستقيمة تقاس موجبه من نقطة الاعتدال الربيعى نحو الشرق فالعلاقة الآتية تربط كلا من الوقت النجمى والمطالع المستقيم والزاويه الساعية لنجم ما .

الزاويه الساعية لنجم ما فى لحظة ما = الوقت النجمى عند هذه اللحظة — المطلع المستقيم لهذا النجم .

كما يتضح من الشكل ٢٤ وفيه ء ءَ يمثل دائرة المعدل و ق القطب الشمالى ، ع نقطة الاعتدال الربيعى ، ن نجم ما فالزاوية الساعية للنجم فى



(شكل ٢٤)

لحظة ما هو الزاوية ء ق ن وتقاس بالقوس ء ل وفى هذه اللحظة يكون الوقت النجمى هو الزاوية الساعية لنقطة الاعتدال الربيعى ء ق ع وتقاس بالقوس ء ع وكلاهما تزيد مع الزمن أما المطالع المستقيم لهذا النجم فهو الزاوية ن ق ع وهو ثابت ويقاس بالقوس ل ع

ومن الواضح أن القوس ء ع = القوس ء ل + القوس ل ع

ومن ثم العلاقة السالفة الذكر بين الزاوية الساعية لنجم ما ومطلعه المستقيم والوقت النجمى عند لحظة ما .

٣ — اليوم الشمسى الحقيقى

ولو أننا اتخذنا الشمس الحقيقية بدلا من نقطة الاعتدال الربيعى فى تعيين طول اليوم ، لوجدنا أن الفترة الزمنية التى تمضى بين عبورين متتاليين للشمس الحقيقية على خط الزوال تزيد على طول اليوم النجمى . وتسمى الفترة الأولى اليوم الشمسى الحقيقى أو الظاهرى . أذ أنه لما كانت الشمس تتقهقر شرقا وسط النجوم بسبب دوران الارض حولها مرة فى السنة بمعدل ٣٦٠° فى ٣٦٥ يوما نجد أنه لو عبرت كل من نقطة الاعتدال والشمس خط الزوال فى لحظة واحدة فى يوم من الايام ففى اليوم التالى تتخلف الشمس عن نقطة الاعتدال الربيعى بنحو درجة ، فتعبر خط الزوال بعد نقطة الاعتدال الربيعى باربعة دقائق زمنية (لانها تقطع ال ٣٦٠° فى ٢٤ ساعة) . وهكذا يتأخر مبدأ اليوم الشمسى عن مبدأ اليوم النجمى بنحو ٤ دقائق فى اليوم الاول و ٨ دقائق فى اليوم الثانى و ١٢ فى اليوم الثالث وبساعتين بعد شهر من الزمن وأربع ساعات

بعد شهرين وهكذا نجد أن اليوم النجمى رغم أنه ثابت الطول ثبوتا مطلقا تقريبا ، فأنه لا يصلح لأن يكون وحدة من وحدات الزمن فى الشئون المدنية لان مبدأه غير ثابت بالنسبة لمنتصف النهار (عبور الشمس خط الزوال) . بل يتقدم عليه ٤ دقائق فى كل يوم ،فاحيانا يكون مبدؤه عند منتصف النهار أو قريبا منه،وأحيانا أخرى يكون عند منتصف الليل

غير أننا من الناحية الاخرى نجد أن اليوم الشمسى الحقيقى غير ثابت الطول،لأن سرعة الشمس الظاهرية وسط النجوم غير ثابته على مرور الأيام ثناء السنة وذلك لسببين .

الأول — أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا تاما بل قطعا ناقصا (بيضى الشكل) . ولما كان الخط الواصل بين الأرض والشمس يقطع من مستوى الدائرة الكسوفية مساحات متساوية فى أزمنة متساوية نجد أن سرعةالأرض الحقيقية(وهى سرعة الشمس الظاهرية) غيرثابتة فىطول المدار

الثانى — أنه بفرض أن مدار الأرض حول الشمس كان دائريا تاما فطول اليوم الشمسى الحقيقى لايكون ثابتا إلا لو كانت الدائرة الكسوفية منطبقه تماما على دائرة المعدل .

ولهذا نجد ان عدم ثبوت طول اليوم الشمسى يجعله هو أيضا غير صالح للاستعمال كوحدة أساسية فى حساب الزمن .

٣ ـ اليوم الشمسى الوسطى :

من أجل هذا افترض الفلكيون شمسا وهمية تتحرك بسرعة منتظمة طول السنة ، وتتم دورة كاملة فى دائرة المعدل فى مدة سنة ، واتخذوا الفترة

الزمنية التى تمضى بين عبورين متتالين لهذه الشمس الوهمية وحدة من وحدات الزمن وأسموها (اليوم الشمسى الوسطى) لأن طوله يعادل متوسط أطوال الايام الشمسية الحقيقية على مدار السنة. وهو ثابت المقدار، ومبدؤه من العبور السفلى للشمس الوسطى خط الزوال، أى من منتصف الليل.

معادلة الزمن :

والفرق بين لحظتى عبور الشمس الوسطى والشمس الحقيقية فى أى يوم خط الزوال دقائق قليلة وهذا الفرق ليس قابلا للتكامل كما هو الحال بالنسبة للفرق بين عبور نقطة الاعتدال الربيعى والشمس الحقيقية أو الوسطى ويختلف مقدارا باختلاف الفصول. ويسمى هذا الفرق (معادلة الزمن) ويعتبر موجبا إذا كانت الشمس الوسطى تعبر خط الزوال قبل الحقيقية فى ذلك اليوم

وأجزاء اليوم الشمسى الوسطى تقدر بالزاوية الساعية للشمس الوسطى وتقاس بالساعات الميكانيكية أو الكهربائية المختلفة. أما الزمن الشمسى الحقيقى فتبينه المزاول الشمسية والعلاقة الآتية تربط الزمن الشمسى الحقيقى والوسطى ومعادلة الزمن.

الزمن الشمسى الحقيقى + معادلة الزمن = الزمن الشمسى الوسطى

ومعرفة الزمن بكل دقة من المسائل ذات الأهمية الحيوية العظمى وعلى الأخص فى شئون الملاحة البحرية والجوية وعمليات المساحة. ونظرا لما لعاملى التغير فى درجة الحرارة والضغط الجوى من الأثر المباشر فى حركة الساعات الميكانيكية أو الكهربائية بجميع انواعها، كان لزاما علينا معايرتها بين آن وآخر بساعة لا تتأثر بهذين العاملين أو بأمثالها، هذه الساعة هى كما سبق ذكرنا حركة الأرض اليومية حول محورها من الشرق الى الغرب، وما ينشأ عنها من شروق النجوم وارتفاعها فوق الأفق حتى تعبر خط الزوال.

من أجل هذا تعاير الساعات النجمية فى المراصد بأرصاد زوالية للنجوم لمعرفة الوقت النجمى الصحيح ، ومن ثم استنباط الوقت الشمسى الوسطى المتخذ أساسا لقياس الزمن فى الشئون المدنية .

لهذا نرى أنه رغم التقدم الكبير فى صناعة الساعات المختلفة فان تعيين الزمن لم يزل من الأعمال الفلكية المناطة بالمراصد .

الوقت المحلى والمدنى

الوقت المحلى :

الوقت المحلى سواء كان وسطيا أو حقيقيا عند لحظة ما هو عبارة عن الزاوية الزاوية فى هذه اللحظة للشمس الوسطى أو الحقيقية . ومن الواضح أنه يختلف باختلاف المكان من سطح الكرة الأرضية . فمثلا الوقت المحلى فى لحظة ما فى مدينة القاهرة يزيد على الوقت المحلى فى نفس هذه اللحظة فى مدينة الإسكندرية بفترة من الزمن تتناسب طولا مع الفرق بين خطى طوليها .

الوقت المدنى :

ولقد أصبحنا نعيش فى عصر تقدمت فيه وسائل الانتقال تقدما كبيرا ولذلك نجد أن الوقت المحلى غير صالح لأن يكون أساسا فى قياس الزمن ذلك لأن مبدأه يختلف باختلاف مواقع المدن والبلدان فى القطر الواحد فيختلف تبعا لذلك ما يدل على الوقت فى أية لحظة ، من أجل هذا استعاضت عنه الممالك المتحضرة بنظام آخر يعرف (بنظام الوقت المدنى) . فجعلوا عبور الشمس الوسطى خط طول معين مبدأ لليوم بالنسبة لمنطقة كبيرة من سطح الأرض .

وقد اتفق على تقسيم سطح الأرض إلى مناطق عرض كل منها ١٥° فمنطقة جرينتش وهى المنطقة الأولى تشمل المناطق من سطح الأرض التى يحدها خطا طول ٧٫٥° شرق جرينتش ، ٧٫٥° غرب جرينتش ، ويبدأ فيه اليوم من لحظة عبور الشمس الوسطى خط جرينتش. والمنطقة الثانية تشمل جميع البلدان المحصورة بين خطى طول ٢٢٫٥° شرق جرينتش و ٧٫٥ شرق جرينتش، ويبدأ اليوم فيها من لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول ١٥° شرق جرينتش، ولما كانت الشمس الوسطى تقطع بانتظام الدرجة من خطوط الطول فى ٤ دقائق زمنية نجد أن وقت هذه المنطقة يكون متقدما على وقت جرينتش بساعة . والمنطقة الثالثة تشمل جميع البلدان التى بين خطى طول ٣٧٫٥° و ٢٢٫٥° شرق جرينتش، ومبدأ اليوم فيها لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول ٣٠° وهو الذى يمر قريبا جدا من مدينة الاسكندرية والوقت فى هذه المنطقة يكون متقدما على الوقت فى المنطقة الأولى بساعة وعلى الوقت فى منطقة جرينتش بساعتين .

وهكذا قسمت المناطق الأخرى من سطح الأرض الوقت. ومن الواضح أن الوقت المدنى لا يزيد أو ينقص عن الوقت المحلى فى البلدان التى تقع على حدود المنطقة عن نصف ساعة . والوقت المدنى فى مصر هو وقت المنطقة الثانية السالفة الذكر ،

وحدات السنه

١ — السنة الشمسية

هذه هى الوحدات المختلفة فى قياس اليوم ، وقد تكلمنا قبل ذلك عن الشهر عند كلامنا عن القمر . أما الوحدة الرئيسية الثالثة فى قياس الزمن

فى السنة ، وهى الفترة التى تستغرقها الشمس لتتم دورة كاملة فى حركتها الظاهرية فى الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نقطة معينة من الفضاء السماوى وتختلف طولا باختلاف النقط المختارة فالسنة الشمسية هى الفترة الزمنية التى تقطع الشمس فى أثنائها محيط الدائرة الكسوفية بالنسبة لنقطة الاعتدال

	ثانية	دقيقة	ساعة	يوم
الربيعى ويبلغ طولها	٥٦	٤٨	٥	٣٦٥

أو ٣٦٥ر٢٤٢٢١٦ يوما .

٢ — والسنة النجمية هى الفترة الزمنية التى تقطع الشمس فى أثنائها الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نجم من النجوم الثابتة

ولقد رأينا آنفا أن نقطتى الاعتدال ليستا ثابتتين ثبوتا مطلقا فى الفضاء السماوى بل تتقهقران بالنسبة للنجوم الثابتة بمعدل ٥٠ر٢٢ ثانية قوسية فى كل عام ويتبع ذلك أن طولى الوحدتين السالفتى الذكر من وحدات السنة ليستا متساويتين ففى الحالة الأولى تقطع الشمس من مسارها ما طوله ٣٦٠° — ٥٠ر٢٢ً من مسارها أثناء سنة شمسية ، وفى الحالة الثانية تقطع ٣٦٠° كاملة . وسرعة الشمس واحدة فى كلتا الحالتين وتساوى

$$\frac{٣٦٠° - ٥٠ر٢٢ً}{\text{طول السنة الشمسية}} \quad \text{وتساوى أيضا} \quad \frac{٣٦٠°}{\text{طول السنة النجمية}}$$

وتحدد هاتان المتساويتان طولى السنة النجمية والشمسية . ومنها يتضح أن طول السنة النجمية يساوى ٣٦٥ر٢٥٦٤٧٤ يوما .

٣ـ السنة المدنية : لما كان طول كل من الوحدتين السالفتى الذكر يحتوى على عدد صحيح وكسر من اليوم نجد أنهما لا يصلحان للاستعمال فى الشئون

المدنية، إذ لا يمكن أن يكون مبدأ اليوم فى مستهل السنة بعد مضى كسر معين منه، ويتغير على مرور السنين . ولقد تغلب المصريون القدماء على هذه الصعوبة باستنباط السـنة المدنية فى عد السنين، فجعلوا فى كل دورة من أربع سنين ثلاثا كل منها ٣٦٥ يوما والرابعة ٣٦٦ يوما مما جعل متوسط طول السنة المدنية ٣٦٥ ١/٤ يوم فالفرق بينها وبين طول السنة الشمسية الحقيقى صغير جدا فاغفلوه .

واصطلح على جعل السنين التى تقبل أعدادها القسمة على ٤ كبيسة أى ٣٦٦ يوما وما عداها بسيطة .

وسمى التقويم المؤسس على هذه القاعدة التقويم اليوليوسى نسبة الى يوليوس قيصر الذى أدخل فى عهده هذا النظام بناء على مشورة الفلكى المصرى « سوتوجينز »

تعيين وقت صلاة الظهر

وتطبيقا للمبادىء السالفة الذكر نضرب المثلين الآتين :

١ — متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة القاهرة (خط طولها ٣١ً١٥ °) فى يوم ٣٠ يناير ١٩٤٩ اذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم + ١٣ دقيقة المطلوب هنا هو تعيين الوقت الذى تكون فيه الشمس الحقيقية على خط زوال مدينة القاهرة .

ولما كانت القاهرة تبعد عن خط طول الاساس لهذه المنطقة ٣٠° شرق جرينتش) شرقا بدرجه وربع ، ولما كانت الشمس تقطع الدرجة فى ٤ دقائق

نجد أن الشمس الوسطى تعبر خط طول القاهرة قبل أن تعبر خط الأساس بخمس دقائق .

ولما كان وقت عبور الشمس الوسطى خط الأساس هو الساعة الثانية عشر عند سكان هذه المنطقة جميعا ومن بينهم أهل القاهرة ، نجد أن الشمس الوسطى سوف تعبر خط طول القاهرة الساعة الحادية عشر والدقيقة خمسة وخمسين ، وبما أن معادلة الزمن فى هذا اليوم تساوى ١٣ دقيقة نستنتج أن الشمس الوسطى تعبر فى هذا اليوم خطوط الطول كلها قبل الحقيقة بمقدار ١٣ دقيقة .

أى أن الشمس الحقيقية تعبر خط طول القاهرة فى الساعة

ق س ق ق س

١١ر٥٥ + ١٣ = ١٢ر٨ وهو وقت الظهر المطلوب .

متى يحين وقت صلاة الظهر فى بلدة السلوم (خط طولها ١١ ٢٥°) فى يوم ٣٠ أكتوبر ١٩٤٩ اذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم = ١٦ دقيقة

فى هذا المثال نجد أن بلدة السلوم تقع غرب خط الأساس بنحو ٤ر٧٥°

وبما أن الوقت عند أهل السلوم وغيرهم من سكان هذه المنطقة المحصورة بين ٥٠ر٢٢° شرق جرينتش و ٥٠ر٣٧° شرق جرينتش يكون الثانية عشر فى اللحظة التى تكون فيها الشمس الوسطى على خط طول ٣٠° ، ولما كانت الشمس تقطع الدرجة الواحدة فى أربع دقائق فإنها تستغرق فى المسافة بين خطى ٣٠° ، ٢٥ر٢٥° (خط طول السلوم تقريبا) فترة من الزمن تساوى

٤ر٧٥ × ٤ = ١٩ دقيقة

لذا نجد أن الشمس الوسطى تكون على خط طول السلوم فى الساعة ١٢ر١٩ . ولما كانت معادلة الزمن فى هذا اليوم تساوى ١٦ دقيقة

نجد أن الشمس الحقيقية فى هذا اليوم تعبر خطوط الطول كلها ومن بينها خط طول الساوم قبل الشمس الوسطى بفترة تساوى ١٦ دقيقة . أى أن الشمس الحقيقية سوف تعبر خط الساوم فى هذا اليوم فى الساعة

ق س ق ق س

١٢ر١٩ — ١٦ = ١٢ر٠٣ وهو وقت الظهر المطلوب

وتعرف قيمة معادلة الزمن فى أى يوم « من الجداول الفلكية مثل الـ Nautical Almanoc والـ American Ephemeris التى تصدر سنوياً .

وهى تساوى صفر أربع مرات فى السنة حوالى ١٤ أبريل و١٢ يونيه وآخر أغسطس و٢٥ ديسمبر وتبلغ أعلى قيمتها الموجبة + ١٤ر٥٠ دقيقة حوالى ١٢ فبراير وأدنى قيمتها السالبة — ١٦ر٣٠ دقيقة حوالى ٣ نوفمبر

التقويم المصرى القديم

سبق المصريون القدماء الأمم الأخرى فى صناعة التقويم ، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التى تلزم الشمس لتتم مدارا كاملا بين النجوم ، وهى المعروفة بالسنة النجمية ، واتخذوها وحدة أساسية فى قياس الزمن .

وقد استخدموا فى تقدير طول السنة النجمية ظاهرة فلكية تعرف بالشروق الاحتراقى أو الحلزونى للنجم اللامع المسمى الشعرى اليمانية وهى رؤية هذا النجم قبيل شروق الشمس ، وكانت هذه الظاهرة تقع قبل فيضان النيل ، ولهذا اعتبروا هذا النجم رسولا سماوياً ينبئهم بموعد فيضان النهر المقدس

وقد ابتكروا على هذا الأساس تقويما محكما لا يخضع لأهواء الحكام فقسموا السنة إلى ثلاثة فصول وهى فصل الفيضان وفصل البذر وفصل الحصاد .

وجعلوا السنة فى بادىء الأمر مكونة من اثنى عشر شهراً كل منها ثلاثون يوما ،

يضاف إليها فى النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسىء » جعلوها أعياداً لآلهتهم .

وحاول بطليموس (يورجتز) عام ٢٣٨ ق . م أصلاح التقويم المصرى بجعل النسىء ستة أيام مرة كل أربعة سنين بدلا من خمسة فلم يفلح ، وكان يوليوس قيصر أكثر توفيقا فى هذا الأمر ، فأدخل بمساعدة الفلكى المصرى سوبوجيتز نظام الكنيسة منذ عام ٤٦ ق.م ولو أن النظام القديم ظل مستعملا إلى جانب النظام الجديد مدة من الزمن ثم بطل استعمال الأول . وبقى الثانى مستعملا للآن . وهو المسمى بالتقويم الاسكندرى ـ فى الكنيسة القبطية والحبشة .

هذا بينما كان معاصروهم من الأمم الأخرى يتخبطون فى محاولات عقيمة وفاشلة لربط أوائل شهورهم المدنية بأوائل الشهور القمرية .

وكان المصريون القدماء يعلمون منذ بادىء الأمر أن سنتهم المدنية أقصر من السنة النجمية وطولها ٣٦٥٫٢٥ تقريبا . ولذلك اعتمدوا فى ضبط التقويم على رصد ظاهرة الشروق الاحتراقى للشعرى اليمانية . ولما كان الفرق بين سنتهم المدنية والسنة النجمية يتكامل حتى يصير سنة كاملة فى كل ١٤٦٠ سنة وأنهم ـ كما ذكر المؤرخ « سنسورينوس » ـ قد رصدوا هذه الظاهرة فى أول السنة المصرية ١٣٩ بعد الميلاد . استنتجنا حدوث هذه الظاهرة فى سنى ١٣٢١ و ٢٨٧١ و ٤٣٤١ و ٥٧٠١ ق . م .

ولما كانت البيانات المنقوشة فى أهرام الأسرتين الخامسة والسادسة تدل على أن تقويم ال ٣٦٥ يوما كان متبعا فى ذلك الحين ، وأن هذه الأهرام كانت موجودة فى عام ٣٧٨١ ق.م . نجد أن التاريخ المصرى القديم كان مستعملا منذ ذلك الحين أو قبل ذلك بفترة فى عام ٤٢٤١ ق . م . أو بفترتين فى عام ٥٨٠١ ق . م .

وقد أطلقوا على الشهور الأثنى عشر أسماء بعض آلهتهم ، وما زالت مستعملة الآن فى التقويم القبطى الذى هو فى الواقع التقويم اليوليوسى . وهو أكثر التقاويم المستعملة فى مصر ذيوعا بين الزراع . لأن المواسم الزراعية ربطت عليه منذ أقدم العصور لا لأنه أضبط التقاويم كما يتوهم بعض الناس .

التقويم عند العرب قبل الاسلام

لم تزل معرفة نوع التقويم الذى كان مستعملا عند العرب قبل الإسلام حتى حجة الوداع التى أصلح النبى صلى الله عليه وسلم فيها التقويم من المسائل المعقدة نظراً لاختلاف الرواية فيها اختلافا بيناً .

ومن المحقق أن العرب كانوا ينسئون الشهور ، ولكن طريقة النسىء عندهم ما كانت مجهولة ، وكل رواية عنها تحيطها الشكوك وتنقصها الأسانيد مقوية حتى لنجد للمؤرخ الواحد أكثر من رواية واحدة عن كيفية هذا النسىء . فقيل إن العرب كانوا يحجون فى كل شهر عامين ، وقيل إن النسىء تأخير تحريم شهر . فقد كانت لديهم أربعة شهور محرمة وكان ذلك شريعة ثابتة عندهم من زمان ابراهيم واسماعيل عليهما السلام لا يجوز فيها غزو ولا قتال . فتذهب هذه الرواية إلى أنهم كانوا يستكثرون وقوع ثلاثة منها متتالية وهى ذى القعدة وذى الحجة والمحرم ، فكانوا يؤخرون المحرم مثلا إلى صفر فيحرمونه ويستحلون المحرم . وقيل أيضا أنه كان هناك رجل من بنى كنانة له مكانته السامية بينهم يأتى كل عام فى موسم الحج فيحدد موعد الحج التالى وينسىء السنين . ولسنا نعرف القاعدة التى كان يجرى عليها هو وأولاده وأحفاده من بعده . وليس أدل على مكانته منهم من أنهم كانوا يسمونه

(القلمس) ومعناها البحر الزاخر أو الرجل الداهية ، ومن خطابه فيهم قوله (أيها الناس أنى لا أعاب ولا أحاب ولا مرد لما أقول . إنا قد حرمنا المحرم وأخرنا صفر)

وقد ذكر فخر الدين الرازى أن هذا التأخير ماكان يختص بشهر واحد بل كان ذلك حاصلا فى كل شهور السنة ، وهو أمر غريب ، إذ المعروف أن الشهور المحرمة عندهم كانت أربعة فقط . وقال أنهم كانوا يجعلون بعض السنين ثلاثة عشر شهراً بسبب زيادة طول السنة الشمسية على القمرية وهكذا كان يقع الحج فى ذى الحجة فى بعض السنين ثم فى صفر وهكذا حتى يعود مرة أخرى فى ذى الحجة .

وقيل أيضا إن العرب تعلموا الكبيسة من اليهود إلا أنهم خالفوهم فى بعض أعمالهم لأن اليهود كانوا يكبسون ١٩ سنة قمرية بسبعة شهور قمرية حتى تصير ١٩ سنة شمسية ، أما العرب فكانوا يكبسون ٢٤ سنة قمرية باثنى عشر شهرا قمريا .

وروى أن أحد القلامسة أساء استخدام سلطته المطاقة فى نسء الشهور حينما رأى قاتل أبيه فى موسم الحج وأراد أن يثأر له فقيل له أن هذا من الشهور الحرام قال ننسئه »

ويبدو أن هذه الروايات جميعها ليس بينها رواية أجدر بالتصديق من الأخرى مالم تقم الأدلة التاريخية على صحتها ، ويظهر أن الرواة جميعا تأثروا بمدنية العصور التى عاشوا فيها فنسبوا إلى العرب الكبس المحكم الذى لا يمكن أن يكون إلا فى أمة بلغت من العلم مبلغا عظيما . أما يهود جزيرة العرب فلم يكن هنالك اختلاف بينهم وبين العرب إلا فى البداية .

التقويم الهجرى

وعلى كل حال فليس أدل على فساد نظام التقويم الذى كان معمولا به عند العرب قبل الإسلام من دعوة النبي صلى الله عليه وسلم المسلمين كافة إلى نبذه . وبعد حجة الوداع عدل عنه نهائيا وحرمه الإسلام (إنما النسىء زيادة فى الكفر يضل به الذين كفروا يحلونه عاما ويحرمونه عاما ليواطئوا عدة ما حرم الله فيحلوا ما حرم الله) واتخذ الشهر القمرى وحدة أساسية فى حساب الزمن عند المسلمين (إن عدة الشهور عند الله اثنى عشر شهراً فى كتاب الله يوم خلق الله السموات والأرض منها أربعة حرم ذلك الدين القيم فلا تظلموا فيهن أنفسكم)ومن ثم لم تعد بالمسلمين حاجة إلى كبس الشهور القمرية كيما يقع موسم الحج فى فصول فلكية معينة كما قيل بأن هذا كان رائد العرب فى نظام النسىء . ذلك لأن الإسلام قد فرض على الناس جميعا والحج فريضة على كل مسلم والفصول الفلكية تختلف باختلاف البقاع .

ولقد اتخذ أمير المؤمنين عمر بن الخطاب هجرة النبي صلى الله عليه وسلم إلى المدينة مبدأ للتقويم الإسلامى يؤرخ منه باعتبارها أهم الحوادث التاريخية فى التمكين للإسلام فى جزيرة العرب أولا وفى مشارق الأرض ومغاربها بعد ذلك .

ولما لم يكن بين العرب من الفلكيين من يستطيع حساب أوائل الشهور القمرية مستقبلا حسابا دقيقا ، ونظراً لأنهم كانوا أهل بدو ولصعوبة نقل الأخبار فى أنحاء الجزيرة فقد اعتمد فى تحديد أوائل الشهور لرؤية العين يتبينها كل بدوى لنفسه (صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته) .

ولم تزل هذه الطريقة القاعدة الأساسية فى تحديد أوائل الشهور الهجرية ذات الأهمية الخاصة على سبيل التقليد رغم تقدم الدراسات الفلكية الآن تقدماً كبيراً يمكن معه حساب ظروف رؤية القمر لشهور مستقبلة بدقة فائقة.

ومما هو جدير بالملاحظة أن ظروف رؤية القمر فى أوائل الشهور القمرية تختلف باختلاف المكان من سطح الأرض ، وهو مايعبرون عنه باختلاف المطالع ، فهى تتوقف على عاملين رئيسيين الأول خط عرض المكان والثانى ميل القمر عند مولده . والعامل الثانى يختلف من شهر إلى شهر . وهكذا قد يثبت أول الشهر بالحساب والرؤية فى مكان ما ولا يثبت لا بالحساب ولا بالرؤية فى مكان آخر ، مما يجعل أول الشهر مختلفا فى الأقطار المختلفة . هذا فضلا عن أن ظروف الرؤية من حيث حالة الجو فى مكان ما على كر الشهور غير ثابتة حتى يمكن التفكير فى فرض هذه الظروف على جميع الأقطار الأخرى .

ولما كان بقاء هذه الحالة لا يتفق مع روح العصر الذى نعيش فيه وجب علينا من الآن أن نفكر فى استنباط نظام علمى دقيق لتحديد أوائل الشهور القمرية وتوحيد مبدأ الشهور فى جميع الممالك الإسلامية أما بفرض ابتداء الشهور عند ما يثبت أن القمر يغيب بعد مغيب الشمس فى أية نقطة من سطح الأرض بزمن ما مهما كان صغيراً أو باتخاذ مكة — قبلة المسلمين فى جميع أنحاء الأرض — مكاناً أساسياً فى عمل الحساب لتحديد أوائل الشهور وفرض ظروف الروية فيها على جميع الأقطار . ولسنا هنا نفترض حلا معينا وإنما ننوه بأهمية هذه المسألة .

الكبيسة فى حساب التقويم الهجرى

يختلف الشهر القمرى طولا على كر الشهور لتكبر الاختلاف المركزى لمداره البيضى وتغير شكل المدار نتيجة لجاذبية السيارات. وقد يبلغ الاختلاف الكلى لطوله الحقيقى عن طوله المتوسط نحو ١٣ ساعة .

ومتوسط طول الشهر القمرى ٢٩ر٥٣٠٥٩ يوما والسنة القمرية ٣٥٤ر٣٦٧٧ يوما وهى المكونة من اثنى عشر شهراً قمريا . ولقد وجد أن هذا الكسر من اليوم يتكامل حتى يصير ١١ر٠١٢٠٤ يوما فى كل ثلاثين سنة . ولذلك اتفق علماء الميقات على اقتباس نظام الكبيسة فى ضبط التقويم الهجرى، واصطلحوا على جعل السنين ٢، ٥، ٧، ١٠، ١٣، ١٥، ١٨، ٢١، ٢٤، ٢٦، ٢٩ كبيسة أى مكونة من ٣٥٥ يوما وما عداها بسيطة أى ٣٥٤ يوما وذلك فى كل دورة من ثلاثين سنة منذ هجرة الرسول عليه السلام . كما اتفقوا على أن تكون الشهور الفردية كمحرم وربيع أول مكونة من ثلاثين يوما ، والشهور الزوجية مثل صفر وربيع الآخر تسعة وعشرين يوما . أما شهر ذى الحجة فيكون تارة ٢٩ يوما إذا كانت السنة بسيطة وأخرى ٣٠ يوما إذا كانت السنة كبيسة .

التقويم الجريجورى

ذكرنا آنفاً أن المصريين القدماء كانوا أسبق الأمم فى استنباط نظام علمى محكم للتقويم، وأنهم قاسوا السنة النجمية وطولها حوالى ٣٦٥ وربع يوما، ثم ابتكروا على أساسها نظام السنة المدنية المكونة فى بادىء الأمر من ٣٦٥ يوما ثم ابتكروا نظام الكبيسة فجعلوا النسىء ستة أيام بدلا من خمسة فى كل دورة من أربع سنين مما يجعل متوسط طول السنة المدنية ٣٦٥ وربع يوما .

ولما كان تعاقب الفصول وبالتالى ضبط المواسم الزراعية مرتبطا بمواقع الشمس فى السماء على مرور الأيام أثناء السنة وجب أن يراعى فى عمل التقاويم أن يكون اتجاه الشمس فى أى يوم هو بعينه فى نفس اليوم من السنين التالية على مر الأجيال . ولهذا فإن السنة الشمسية هى أصلح وحدة فلكية لهذا الغرض ولما كان طولها يساوى ٣٦٥٫٢٤٢٢١٩ يوما نجد أنها تقل عن متوسط السنة المدنية التى اتخذها المصريون القدماء بمقدار ٠٫٠٠٧٧٨٤ يوما ومع أن هذا الفرق يبدو لأول وهلة ضئيلا إلا أنه يتكامل على تعاقب السنين فيصير ثلاثة أيام كل ٤٠٠ سنة .

ولقد قام البابا جريجورى الثالث عشر بإصلاح التقويم اليوليوسى الذى كان مستعملا حتى ذلك الحين بحذف هذه الثلاثة الأيام من عداد التقويم المدنى وقد كانت الطريقة فى تعيين السنين الكبيسة هى التى أعدادها تقبل القسمة على ٤ مثل ١٨٩٢ ، ١٨٩٦ . وقد اقترح لحذف هذه الثلاثة الأيام أن يحذف من الكبيسة كل السنين القرنية التى لاتقبل أعدادها القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٩٠٠ التى كانت تعتبر فى التقويم اليوليوسى سنة كبيسة أصبحت فى التقويم الجريجورى سنة بسيطة أما سنة ٣٠٠٠ فتظل كبيسة على حالها فى النظامين . وهكذا نجد أنه فى كل ٤٠٠ سنة فى النظام الجديد ٩٧ سنة كبيسة بدلا من ١٠٠ فى النظام اليوليوسى .

ولضبط التاريخ أمر البابا جريجورى الثالث عشر بحذف عشرة أيام الزائدة فى عداد التقويم المدنى والتى نشأت من السير على أساس التقويم اليوليوسى منذ مجمع نيقيه عام ٣٢٥ ميلادية فأسمى اليوم الخامس من أكتوبر

١٥٨٢ اليوم الخامس عشر منه . وهكذا عاد الاعتدال الربيعى إلى ٢١ مارس كما كان أثناء المجمع النقوى بعد أن كان قد تحول إلى ١١ مارس سنة ١٥٨٢ وأدخل هذا النظام فى ممالك الكاثوليك فى هذه السنة ، وبعد ذلك فى انجلترا عام ١٧٥٢ . ومن الواضح أن التقويم الجريجورى هو نفس التقويم اليوليوسى ما عدا جعل السنين القرنية بسيطة ما لم تقبل القسمة على ٤٠٠ وشهوره : يناير فبراير الخ .

التاريخ القبطى

يبدأ الأقباط تاريخهم بعيد الشهداء المسيحيين الموافق ٢٩ أغسطس سنة ٢٨٤ ميلادية . وسنتهم المدنية ٣٦٥ يوما وربع وفق النظام اليوليوسى وشهوره : توت - بابه هاتور الخ . ولم يحاولوا للآن إصلاح تقويمهم وفق النظام الجريجورى مما سيترتب عليه على مرور الأجيال الطويلة انتقال بداية سنتهم بين الفصول الفلكية . ومع أنه انتقال بطىء إلا أنه ليس ثمة ما يبرر بقاءه يتزايد .

وللأستاذ نجيب بوليس رسالة قيمة فى هذا الموضوع أوضح بها أن عيد الميلاد القبطى الذى يقع فى ٢٩ كيهك الموافق حاليا ٧ يناير سوف يأتى فى الربيع بدل الشتاء بعد نحو خمسة آلاف سنة ويكون تاريخه ١٥ فبراير وقد نشأ عن عدم مسايرة الأقباط للنظم الحديثة أن الاعتدال الربيعى الذى كان يوافق ٢٥ برمهات فى سنة ١ قبطية يحدث الآن فى ١٢ برمهات .

ويجعل علماء الميقات فى كل ٢٨ سنة قبطية ، سبع سنين كبائس وهى :

الثالثة والسابعة والحادية عشر والخامسة عشر والتاسعة عشر والثالثة والعشرون والسابعة والعشرون . والتاريخ القبطى سابق على الهجرى بأيام عدتها ١٣٣٤٠٩ يوما .

الدورة الميتونية

عدا التقاويم السالفة الذكر توجد تقاويم ذات صبغة علمية بحتة ولكنها ذات فائدة فى حساب المواسم والأعياد . من هذه الدورة الميتونية التى اكتشفها ميتون عام ٤٣٣ ق ، والتى كان يستخدمها اليونانيون فى تعيين أعيادهم الدينية التى ترتبط بعمر القمر أثناء الشهر القمرى .

لاحظ ميتون أن ١٩ سنة شمسية يحتوى على ٦٩٣٩٫٦٠٢ يوما ، كما أن ٢٣٥ شهراً قمريا كل منها ٢٩٫٥٣٠٥٩ يحتوى على ٦٩٣٩٫٦٨٩ يوماً . ولهذا تتكرر أوجه القمر فى نفس الأيام من السنة بعد فترة من الزمن تساوى ١٩ سنة مع اختلاف يسير لا يتجاوز الساعتين .

فلو عينا الأيام من السنة التى يكون فيها القمر بدرا خلال دورة كهذه عرفنا الأيام التى سيكون فيها القمر بدرا فى الدورة التالية . وقد نقشت فى ذلك الحين هذه التواريخ بحروف ذهبية على النصب التاريخية . ولهذا أطلق اليونانيون على الأرقام الدالة على ترتيب السنة فى دورتها القمرية « الأعداد الذهبية » ، وقد عنوا بحفظها الآن السنين التى تكون أرقامها الذهبية واحدة تظهر الأهلة فيها فى مواقيت واحدة ، ومن البديهى أن تعيين أول سنة فى الدورة الميتونية مسألة اختيارية . والدورة المستعملة حاليا هى التى تبدأ بسنة ١ م ق م . لذلك ، لمعرفة العدد الذهبى لسنة ما يضاف ١ إلى العدد المبين لها ويقسم

المجموع على ١٩ فالباقى هو العدد الذهبى ، فاذا كان الباقى صفرا يعتبر العدد الذهبى لهذه السنة ١٩ .

التاريخ اليوليوسى

هناك أيضا التاريخ اليوليوسى الذى اقترحه Scaliger عام ١٥٨٢ . ويتكون من دورة زمنية طولها ٧٩٨٠ سنة يوليوسية ، كل منها ٣٦٥ر٢٥ يوما . ومبدؤه أول يناير عام ٤٧١٢ ق.م ويحدد تاريخ أى ظاهرة بعدد الأيام التى انقضت منذ هذا التاريخ . ويعرف من الجداول الفلكية السنة اليوليسية واليوم المقابل ليوم أول يناير من أى سنة فى العهد المسيحى . فمثلا ظهر يوم أول يناير عام ١٩٢٠ يكون قد انقضى ٢٤٢٢٣٢٥ر٣ يوما .

تعيين عيد الفصح عند الغربيين

وضعت قواعد كثيرة لتعيين اليوم الذى يقع فيه هذا العيد فى أى سنة . والقاعدة الأساسية : هو أن هذا العيد يقع فى أول يوم أحد بعد البدر الذى يقع عند أو بعد الاعتدال الربيعى . ولحسابه يتبع ما يأتى :

١) يقسم عدد السنة على ١٩ ولنفرض أن الباقى هو

٢) يقسم عدد السنة على ١٠٠ ولنفرض الخارج ب والباقى حـ

٣) يقسم ب على ٤ ولنفرض أن الخارج د والباقى ى

٤) يقسم (ب + ٨) على ٢٥ ولنفرض هو ف

٥) يقسم (ب — ف + ١) على ٣٠ ونفرض الباقى هـ

٦) يقسم (١٩ ا + ب ـ ء ـ حـ + ١٥) على ٣٠ ونفرض الباقى هـ

٧) يقسم (حـ على ٤ ونفرض الناتج والباقى ك

٨) يقسم (٣٢ + ٢ ى + ٢ و ـ هـ ـ ك) على ٧ ونفرض الباقى ل

٩) يقسم (ا + ١١ هـ + ٢٢ ل) على ٤٥١ ونفرض الخارج م

١٠) يقسم (هـ + ل ـ ٧ م + ١١٤) على ٣١ ونفرض الخارج ن
والباقى ح .

ينتج من هذا أن ن هو الشهر من السنة الذى يقع فيه عيد الفصح م
ح + ١ اليوم من الشهر .

شم النسيم

هو عيد قومى يحتفل به المصريون كافة منذ أقدم العصور فى التاريخ . ويقع فى أوائل فصل الربيع حيث تبدأ رياح الخماسين الهوجاء . ويحدد باعتبار أنه اليوم التالى لعيد القيامة ، ولما كان هذا الأخير يتبع فى تحديده دورة القمر نجد أن شم النسيم ينتقل خلال شهر ابريل وأول شهر مايو من كل عام ويرى البعض أن بدأ الخليقة كان فى الربيع . وإن خروج بنى اسرائيل من مصر كان ليلة ١٦ نيسان العبرى حيث كان القمر بدرا ، وأن بشارة مريم العذراء بعيسى عليه السلام كان فى ذلك الوقت ، وانه كان مبدأ السنة المصرية القديمة . فلما اعتنق المصريون المسيحية وجدوه يقع فى وسط الصيام فأخروه إلى ثانى يوم عيد الفصح . أما المسيح عليه السلام فقد روى المؤرخون أن حادث الصلب كان فى يوم الجمعة الموافق ١٥ نيسان العبرى الموافق

حينئذ ٢٩ برمهات . وأن قيامة المسيح كانت فى يوم الأحد التالى مباشرة .

وهناك اعتبارات دينيةوملابسات تاريخية مختلفة فى تعيين تاريخ هذا اليوم — شم النسيم — يضيق المقام هنا عن شرحها وللأستاذ محمد بك كامل شاكر رسالة قيمة فيه ، يحسن لمن أراد الاستزادة الرجوع إليها . وسنكتفى هنا بشرح إحدى طرق تعينه وهى كما يأتى :

١ — يطرح من السنة الميلادية العدد ٢٨٤ لتعين السنة القبطية المقابلة لأن التقويم القبطى يبدأ فى عام ٢٨٤ ميلادية .

٢ — يعين العدد الذهبى للسنة القبطية وذلك بطرح واحد منها ثم قسمة الباقى على ١٩ . فباقى القسمة ولنفرض أنه د هو العدد الذهبى . وذلك لأن سنة ١ للشهداء كان ترتيبها ١٩ من الدورة الميتونية .

٣ — نضرب العدد الذهبى فى ١١ وهو الفرق بين طولى السنة القبطية والقمرية ثم نقسم حاصل الضرب على ٣٠ فالباقى هو مايعرف بأبقطى القمر ولنرمز له بالحرف ع . وهذا يوصلنا لمعرفة عمر القمر فى مبدأ السنة القبطية فلو فرضنا أن العدد الذهبىهو ٩ فإن ع تساوى ٩ وهو عمر القمر فى مبدأ السنة القبطية .

أبقطى القمر يوصلنا إلى معرفه عمر القمر فى مبدأ السنين القبطيه ومن ثم تقدير عدد الأيام من الشهر القبطى التى يكون فى نهايتها ذبح الخروف

ذبح الخروف هى أيام البدور أو أيام ١٤ من الشهر العربى التالى للشهر الذى يبتدىء وفيه شهر برمهات القبطى .

٤ ـ إذا كانت ع أكبر من ١٠ نطرح من ٠٤ وإذا كانت أقل من ١٠ نطرح من ١٠ وذلك لأن عمر القمر x تاريخ ذبح الخروف = ٤٠ . فإذا كان باقى الطرح أقل من ٢٥ فهو عدد الأيام التى تمضى من برموده ونهايتها فصح اليهود . وإذا كان باقى الطرح بين ٢٥ ، ٣٠ فهو عدد الأيام التى تمضى من برمهات ويكون فى نهايتها فصح اليهود .

مثال لتعين شم النسيم عام ١٩٤٩

١ - ١٩٤٩ — ٢٨٤ = ١٦٦٥

٢ - $\frac{١٦٦٥ - ١}{١٩}$ = ٨٧ والباقى ١١

٣ - $\frac{١١ \times ١١}{٣٠}$ = ٤ والباقى ١ = ٤

ع أقل من ١٠

∴ ١٠ — ١ = ٩ برموده = فصح اليهود .

∵ أول برموده هذا العام هو يوم سبت ∴ ٩ برموده يوم أحد

∴ عيد القيامة هو يوم ١٦ برموده وشم النسيم يوم ١٧ برموده الموافق ٢٥ أبريل .

الباب السادس

النجوم

الكوكبات النجومية — أقدار النجوم — بعد النجوم — الحركات الذاتية للنجوم — النجوم المزدوجة والثلاثية والمركبة — النجوم المتغيرة — النجوم الجديدة — النظام المجرى — الجموع النجومية

الكواكب النجومية

قسمنا الاجرام ثلاثة أقسام هى النظام الشمسى والنجوم والسدائم وقد تكلمنا عن الأولى . أما النجوم فشموس وشمسنا نجم متوسط . ولقد قسم القدامى النجوم التى ترى على سطح فيه السماء إلى مجموعات كثيرة ، ووضعوا لكل مجموعة رسماً يمثل صورة إنسان أو حيوان ، وأسموا هذه المجموعات بأسماء مختلفة . وأطلق اليونانيون على هذه المجموعات أسماء أبطال قصصهم الخرافية الشهيرة ، واسموا كل نجم منها باسم العضو الذى يقع عليه من الصورة ليتسنى لهم الاستدلال عليها فى السماء بسهولة .

ولقد اسمى بطليموس فى كتابه المجسطى ثمانية وأربعين مجموعة رئيسية

وعندما حمل العرب لواء المدنية ونقلوا علوم اليونانيين استعربوا أسماء بعض هذه المجموعات من اليونانية وكان للبعض الآخر اسماء عربية بحته . أما النجوم الخارجه عن الأشكال المصورة للمجموعات فكانت تسمى عندهم بالنجوم الخارجة أو الغير المشكلة.

ولما تقدمت الملاحة البحرية فى نصف الكرة الجنوبى زاد عدد النجوم عما كان يعرفه القدامى فأضاف الفلكيون مجموعات أخرى جديدة . ويطلق على المجموعات النجومية هذه (الكوكبات) . وبلغ عددها حتى الآن تسعة وثمانين منها ثمانية وعشرون فى نصف الكرة الشمالى واثنى عشر حوالى الدائره الكسوفيه وهى الكوكبات البروجية والباقى وقدره تسعة واربعون فى نصف الكرة الجنوبى وهى :

الكوكبات الشمالية : المرأه المسلسلة . العقاب . ممسك الأعنه . العواء الزرافة . ذات الكرسى . قيفاوس . شعر برنيقة . الأكليل الشمالى . الفرس الأعظم . برشاوش . السهم . كلاب الصيد . الدجاجة . الدلفين . الفرس الأصغر الجاثى . الورل . الأســـد الصغير . الفهد . السلياق . الحواء . الحيه . المثلث الدب الأكبر . الدب الأصغر . الثعلب

الكوكبات البروجية . الحمل . الثور . الجوزاء . السرطان . الأسد . السنبلة الميزان . العقرب . القوس . الجدى . الدلو . الحوت

الكوكبات الجنوبية : الآلة المفرغة . طائر الجنة . المجمرة . السفينة . قلم النحات . الكلب الأكبر . الكلب الأصغر . القرنيه . قنطورس . قيطس .

الحرباء . الأكليل الجنوبي . الغراب . الباطية . الصليب الجنوبي . التنين . النهر . الفرن الكيماوي . الكركي . الساعة ذات البندول . الشجاع . الهندي . الأسد . الأرنب . السبع الصادي . الجبل المائدي . الميكرسكوب وحيد القرن . النحلة . المربع . الثمن . الجبار . الطاووس . العنقاء . كرسي المصور . الحوت الجنوبي . الكوثل . البوصلة البحرية . الشبكة . معمل النحات . الدرع . السدس . المنظار . المثلث الجنوبي . التوكان . القلاع . السمك الطيار .

وفيما عدا الكوكبات المستحدثة يصعب معرفة تاريخ تسمية الصور بأسمائها المعروفة للآن بالتحديد . ومن المحقق أن الكثير منها يرجع في تسميته إلى ما قبل الميلاد بنحو ألف سنة

ويجدر بالملاحظة أن هذه المجموعات من النجوم لا تدل أشكالها في السماء على صور الأشياء المسماة بأسمائها اللهم إلا في مخيلة أول من سموها . فالسبعة نجوم الرئيسية في كوكبة الدب الأكبر مثلا ، والتي تكون الهيكل الرئيسي لصورة دب يمكننا مع قليل من العناء أن نكون منها صورة حيوان آخر كالكلب أو الأسد مثلا . هذا فضلا عن أنه يوجد في مجموعتي الدبين ثلاثة نجوم تمثل ذنبا طويلا لكل منهما مع أن المعروف أن الدب ليس له ذنب ، وكذلك يمكن توجيه انتقادات مختلفة في تسمية الكوكبات الأخرى

ويلاحظ أيضا أنه مهما بلغ عدد الصور فلا بد أن يبقى الكثير من النجوم خارج كل صورة ، ولذلك اتفق الفلكيون على حفظ اسماء الصور

بصرف النظر عن أشكالها ، ولكنهم وضعوا لها حدودا فى الأطالس النجومية ، وهذه الحـــدود عبارة عن أقواس من دوائر المطالع المستقيم ومتوازيات لدوائر الميل كما يعمل فى تحديد الممالك ، وبهذه الوسيلة لا تبقى هنالك نجوم خارج الصور .

ومنذ اخترع المنظار زاد عدد ما يعرف من النجوم ازديادا كبيرا ولم يعد يكفى تسمية كل نجم باسم العضو الذى يقع عليه من الصورة لحصرها جميعا ، ولذلك اتفق على حفظ الأسماء القديمة التى عرفت بها بعض النجوم اللامعة ، أما الأخرى فيرمز إليها بحرف من حروف الهجاء اليونانية على حسب ترتيب درجة لمعانها ، وما تبقى بعد ذلك يرمز إليه بحرف من حروف الهجاء الرومانية على حسب ترتيب درجة لمعانها أيضا ، فإن تبقى بعد ذلك شىء رمز إليه بالأرقام العددية

فالنجم (ا) من كوكبة الحمـــل هو ألمع نجومها ، ويليه (ب) وهكذا حتى نهاية الأربع وعشرين حرفا . ثم يبدأ بأول حرف من الحروف اليونانيه وهكذا إلى نهايتها ، ثم تتبعها النجوم مرموزا لها بالأرقام ١ ، ٢

والجدول الآتى يشتمل على اسماء ألمع النجوم فى مدى رؤيه العين المجردة ومواقعها فى السماء وبعد كل منها بالسنين الضوئيه .

النجوم اللامعة

اسم النجم	الكوكبة	المطالع المستقيم المتوسط		الميل المتوسط		البعد بالسنين الضوئية
		دقيقة	ساعة	—	°	
الشعرى اليمانية	ا الكلب الأكبر	٤٣	٦	٣٨	−١٦	٨ر٦
سهيل	ا السفينة	٢٣	٦	٤٠	−٥٢	٦٥٠
رجل قنطورس	ا قنطورس	٣٦	١٤	٣٧	−٦٠	٤ر٣
السماك الرامح	ا العواء	١٣	١٤	٣٨	+١٩	٤١
العيوق	ا ممسك الأعنة	١٣	٥	٥٧	+٤٥	٤٧
النسر الواقع	ا السلياق	٣٦	١٨	٤٤	+٣٨	٢٦
رجل الجبار	ب الجبار	١٢	٥	١٦	− ٨	٥٤٠
الشعرى الشامية	ا الكلب الأصغر	٣٦	٧	٢٢	+ ٥	١٠ر٥
منكب الجوزاء	ا الجبار	٥٢	٥	٢٤	+ ٧	١٩٠
آخر النهر	ا النهر	٣٥	١	٣١	−٥٧	٦٦
الدبران	ا الثور	٣٣	٤	٢٤	+١٦	٥٧
ب قنطورس	ب قنطورس	٠٠	١٤	٠٦	−٦٠	٣٠٠
ا الصليب الجنوبي	ا الصليب الجنوبي	٢٤	١٢	٤٨	−٦٢	٢٣٠
قلب العقرب	ا العقرب	٢٦	١٦	١٩	−٢٦	٣٨٠
السماك الأعزل	ا السنبلة	٢٢	١٣	٥٢	−١٠	٢٣٠
فم الحوت	ا الحوت الجنوبي	٥٥	٢٢	٥٥	−٢٩	٢٤
قلب الأسد	ا الأسد	٠٥	١٠	١٤	+١٢	٥٦
الردف	ا الدجاجة	٤٠	٢٠	٠٥	+٤٥	٦٠٠
النسر الطائر	ا العقاب	٤٨	١٩	٤٣	+ ٨	١٦

ونظرا لأن الكوكبات لم تزل تعرف بأسمائها اليونانية القديمة فى جميع مؤلفات الفلك الحديثة رغم اختلاف اللغات رأينا من الضرورى أن نأتى هنا بأسمائها التى كانت معروفة بها لدى العرب ونظيراتها فى اليونانية ليسهل على القارىء معرفتها فى المراجع الحديثة فى اللغات الأخرى يجدها القارىء فى جدول المرادفات الفلكية الذى أفردنا له الباب الثانى عشر ، وقد رمزنا إليها وإلى الكوكبات بالعلامة ×

علامات البروج

قلنا فى موضع اخر أن نقطة الاعتدال الربيعى اتخذت مبدأ لقياس المطالع المستقيمة للأجرام السماوية . ولقد قسمت الدائرة الكسوفيه إلى اثنى عشر جزءا طول كل منها ٣٠° ، سمى كل منها باسم البرج الذى يقع فيها ونظرا لتقهقر الاعتدالين فان هذه الأجزاء لم تعد تنطبق على الكوكبات النجومية التى سميت بأسمائها منذ القدم (البروج) فقد تقهقرت نقطة الاعتدال الربيعى منذ ذلك الحين من برج الحمل إلى برج الحوت ونقطة الاعتدال الخريفى من برج الميزان إلى برج السنبلة .

من أجل هذا استعملت كلمة (علامة برج) للدلالة على الأقسام السالفة الذكر من الدائرة الكسوفية ، لا على البروج نفسها . والجدول الآتى يبين أسمائها والرموز الفلكية المستعملة للدلة عليها وأوقات دخول الشمس فى كل منها على وجه التقريب .

ويبلغ عرض منطقة البروج حوالى ٨ درجات على كل من جانبي الدائرة الكسوفية وفى هذا النطاق من سطح الكرة السماوية تتحرك الشمس والقمر ومعظم الكواكب السيارة ، ومن هذه الناحية كانت لهذه البروج أهميتها فى الدراسات الفلكية القديمة

علامات البروج	الرموز الفلكية	أوقات دخول الشمس فيها بالتقريب	
الحمل	♈	٢١ مارس	الأعتدال الربيعي
الثور	♉	٢٠ ابريل	
التوأمان	♊	٢١ مايو	
السرطان	♋	٢٢ يونيه	المنقلب الصيفى
الأسد	♌	٢٣ يوليه	
السنبلة	♍	٢٣ أغسطس	
الميزان	♎	٢٣ سبتمبر	الأعتدال الخريفي
العقرب	♏	٢٤ أكتوبر	
القوس	♐	٢٢ نوفمبر	
الجدى	♑	٢٢ ديسمبر	المنقلب الشتوى
الدلو	♒	٢٠ يناير	
الحوت	♓	١٩ فبراير	

منازل القمر

لاحظ القدماء منذ أقدم العصور تحرك القمر بين النجوم الثابتة أثناء الشهر القمرى، وعرفوا النجوم التى يمر قريبا منها فى كل يوم من أيام رحلته

الشهرية. وقسموا هذه المنطقة من سطح الكرة السماوية إلى ٢٨ قسماً متسارية سماها العرب « منازل القمر » اتخذوها فى بعض الأحيان خط القياس فى تعيين مواقع الكواكب السيارة والنجوم الأخرى فى السماء . واستدلوا من شروقها عند شـــروق الشمس على أحوال الطقس . ولقد دلت الوثائق التاريخية على أن منازل القمر كانت معروفة عند الصينيين منذ أجيال عديدة قبل مولد المسيح .

ويمكن القارىء الاستدلال على النجوم التى تدل عليها من الرسالة رقم ٣٩ من رسائل مرصد حلوان العلمية . ومنازل القمر كما كانت معروفة عند العرب هى : الشرطان والبطين والثريا والدبران والهقعة والهنعـــة والذراع المبسوطة والنثرة والطرف وجبهة الأسد والزبرة والصرفة والعواء والســـماك الأعزل والغفر والزبانان والاكليل وقلب العقرب والشولة والنعائم والبلدة وسعد ذابح وسعد بلع وسعد السعود وسعد الأخبية والفرغ الأول والفرغ الثانى والرشا .

أقدار النجوم

وتنقسم النجوم من حيث تفاوتها فى قوة اللمعان الى أقسام تسمى « أقدار » ولقد قسم هبارکس وبطليموس النجوم التى يمكن رؤيتها بالعين المجردة الى ستة أقدار فأكثرها ضياء يعد من القدر الأول والذى يليه من القدر الثانى وهكـذا .

وما زال هذا المقياس مستعملا حتى الآن : ولقد اكتشف السير جون

هرشل عام ١٨٢٧ عند مقارنته النجوم المختلفة الأقدار أن النجم الذى من القدر الأول يشع من الضوء ما يعادل مائة مرة نجم من القدر السادس. ووجد بوجسون عام ١٨٥٤ أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل مرتين ونصف قوة أضاءة نجم من القدر الثانى، وهذه الأخيرة تعادل مرتين ونصف قوة أضاءة نجم من القدر الثالث وهكذا. أى أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل ٢٫٥ × ٢٫٥ قوة أضاءة نجم من القدر الثالث. والواقع أن هذه النتيجة تتفق مع ما اكتشفه هرشل قبل ذلك الى حد كبير فلو كانت أقدار النجوم تتفاوت عن بعضها بفروق متساوية، وأن قوة أضاءة نجم من القدر الأول تعادل مائة مرة قوة أضاءة نجم من القدر السادس نجد أن كل قدر يزيد عما يليه اضاءة بمقدار ٢٫٥١٢ . ومن ذلك يتضح أن

قوة أضاءة نجم من القدر س
« « « « « ص
= ٢٫٥ ^(ص — س)

ولا تدل هذه الاقدار إلا على درجات النجوم الظاهرية فحسب فالنجم الذى من القدر الخامس قد يكون صغيرا بالفعل ولكنه قريب من النظام الشمسى وقد يكون كبيرا ولكنه بعيد عنه وقد يكون ثمة نجمين متساويين فى الحجم ولكنهما يختلفان من حيث قوة الأضاءة بسبب اختلاف بعديهما عن النظام الشمسى أو درجة حرارتهما. والجدول الآتى يشتمل على نجوم مختلفة جميعها من القدر الأول ولكنها تختلف عن بعضها اختلافا بينا فى كمية الضوء الحقيقية التى تشعها كل منها

النجم	كمية الضوء	النجم	كمية الضوء
الشعرى اليمانيه	١٠٠٠	النسر الطائر	٤٥٠
النسر الواقع	٦١٧	الشعرى الشامية	٤٤٥

أقدار النجوم الفوتوغرافيه

ولقد كان لاستخدام الفوتوغرافيا فى أخذ الأرصاد الفلكية فوائد عظيمة إذ أمكن بواسطتها الاقتصاد الكبير فى الوقت، وفضلا عن ذلك فقد أتيح بواسطتها رصد النجوم ذوات الأقدار العالية الأبعد من مدى رؤية العين المجردة، ولهذا صار من الضرورى دراسة خاصية التسجيل الفوتوغرافى دراسة وافية لتعيين قوة أضاءة النجوم التى تسجلها الالواح الفوتوغرافية، وسوف نقصر كلامنا هنا عن التسجيل الفوتوغرافى على مايتصل بتعيين أقدار النجوم

ومن البديهى أن النجوم المختلفة الاقدار تكون صورا على الالواح الفوتوغرافيه ذوات أحجام مختلفة، فالنجم الألمع نسبيا تكون صورته الفوتوغرافيه اكبر من النجم الأقل لمعانا. ومن ناحية اخرى فقد وجد أن الألواح الفوتوغرافيه اكثر تأثرا بالألوان الأقرب الى ناحية الأزرق من من المقياس الطيفى منها الى الالوان الحمراء أو القريبة من الحمراء ولهذا يستعمل الضوء الأحمر فى المعامل الفوتوغرافية أثناء عمليات التحميض لأنه أقلها تأثيرا فى الألواح والأوراق الفوتوغرافية فلا يخشى عليها منه. من أجل ذلك نجد أنه لو كان هناك نجمان متساويان فى القدر البصرى أحدهما أزرق والآخر أحمر فأن صورتيهما على اللوحة الفوتوغرافيه تكونان مختلفتين ويبدو الاول اكبر من الثانى، ومن ثم يظن بأنه ألمع منه ضياء وتسمى الأقدار المستنبطة من أرصاد فوتوغرافيه « الأقدار الفوتوغرافيه »

ومن الواضح ان الفرق بين القدر الفوتوغرافى والقدر البصرى لنجم

ما كمية ثابتة تدل على لون النجم وتعرف بمعامل اللون (Colour Index)

معامل اللون = القدر الفوتوغرافى — القدر البصرى .

أما نقطة الصفر على المقياس الفوتوغرافى فقد اتفق على أن تكون بحيث يكون القدر الفوتوغرافى لنجم من القدر السادس ومن المرتبه (١) صفر حسب تصنيف مرصد هارفارد مساويا لقدره البصرى

والعلاقه التى بين الاقدار الفوتوغرافيه هى بعينها التى بين الاقدار البصريه المذكورة آنفا

وقد وجد فى السنين الاخيرة انه باستعمال ألواح فوتوغرافيه أيسو كروماتيكية Isochromatic ومعها مرشح ضوئى أصفر فان الأقدار كما تسجلها الألواح تساوى تقريبا أقدارها البصريه . وتسمى الأقدار التى تعين بهذه الطريقة الأقدار الفوتوغرافية البصرية .

عدد نجوم الأقدار المختلفة

الجدول الآتى يبين عدد النجوم الكلى إلى نهاية مراتب الأقدار التى تقابلها فمثلا مجموع عدد النجوم التى أقدارها من صفر إلى نهاية القدر الخامس هو ٤٧٥٠ بصريا ، ٣١٥٠ فوتوغرافيا .

---

١) سيأتى الكلام عن هذ فيما بعد .

إلى القدر	بصريا	فوتوغرافيا
الثانى	٤١	٣٨
الثالث	١٣٨	١١١
الرابع	٤٥٤	٣٠٠
الخامس	١٤٨٠	٩٥٠
السادس	٤٧٥٠	٣١٥٠
السابع	١٤٩٦٠	٩٨١٠
الثامن	٤٥٧١٠	٢٢٣٦٠
التاسع	١٣٤٠٠٠	٩٧٤٠٠
العاشر	٣٧٣٠٠٠	٢٧١٨٠٠

وأقصى ما تستطيع رؤيته العين المجردة هو مدى القدر السادس وعلى الأكثر القدر السابع ، وعلى ذلك فعدد ما يمكن رؤيته بالعين المجردة من النجوم محدود ويقدر بنحو عشرة آلاف على أكثر تقدير ، غير أنه لا يرى منها فى أى وقت إلا نحو ثلثها لأن الباقى يكون تحت الأفق، وهذا العدد أقل بكثير مما يتصوره عادة عامة الناس .

ولو أننا اتخذنا قوة إضاءة نجم من القدر الأول وحدة للمقارنة لوجدنا أن الثمانية نجوم التى أقدارها بين الصفر والقدر الأول ، تعادل فى ضوئها ١٤ نجما من نجوم القدر الأول ، وأن أقصى كمية من ضوء النجوم بين قدرين

متتاليين هى تلك للنجوم التى بين القدرين التاسع والعاشر وعددها ١٧٤٠٠٠ نجم فضوءها يعادل ضوء ٦٩ نجما من نجوم القدر الأول. ويعادل ضوء كل النجوم ضوء ٧٠٠ نجم من القدر الأول الفوتوغرافى أو ما بين ٩٠٠ ، ١٠٠٠ نجم من القدر الأول البصرى. وتعرف أقدار النجوم من الجداول والمصنفات الفلكية .

والقدر الفوتوغرافى للقمر بدرا هو -١١٫٢ ومن ذلك يتضح أن ضوءه يعادل مائة مرة ضوء النجوم مجتمعة .

والجدول الآتى يشتمل على الأقدار الظاهرية المجموعة الشمسية :

الشمس	— ٢٦٫٦٠	عطارد	— ٠٫٩٠
القمر	— ١١٫٧٧	زحل	+ ٠٫٨٨
الزهرة	— ٤٫٢٨	أورانوس	+ ٥٫٨٦
المشترى	— ٢٫٣٥	نبتون	+ ٧٫٦٦
المريخ	— ١٫٧٩		

الأقدار المطلقة

من البديهى أن القدر الظاهرى لجرم سماوى يختلف باختلاف بعده عنا ، ومن المعروف أن الضوء من مصدر ضوئى يقل إضطرادا بزيادة مربع المسافة بيننا وبينه . ولهذا فانه لا يمكننا مقارنة درجة توهج نجمين بالضوء إذا كان بعداهما منا مختلفين، إلا بعد تقدير قدريهما عندما يكونان على بعدين متساويين منا .

ولقد اتفق على اتخاذ المسافة ١٠ پارسك (وهى تعادل اختلافا ظاهريا يساوى   ثانية قوسية) وحدة أساسية لهذا الغرض ، وقدر الجرم السماوى عندما يكون بعده عنا يساوى ١٠ پارسك يسمى «القدر المطلق» والعلاقة الآتية تربط القدر الظاهرى والقدر المطلق والإختلاف الظاهرى مقدرا بالثوانى القوسية ، وهى مستنبطة على أساس القواعد السالفة

$$ق_{م} = ق_{ط} + ٥ + ٥ لو ف$$

باعتبار أن $ق_{م}$ = القدر المطلق

$ق_{ط}$ = القدر الظاهرى .

ف = الاختلاف الظاهرى .

ومن هذه العلاقة يتضح أنه من الممكن تعيين الإختلاف الظاهرى لنجم ما ومن ثم بعده ، إذا عرف كل من قدريه المطلق والظاهرى .

قياس بعد النجوم

النجوم جميعها بعيدة عنا بعدا كبيرا ، ولذلك فاننا لو نعبر عن ابعادها بوحدات الطول المعروفة كالميل والكيلومتر لاضطررنا إلى استخدام أرقام كثيرة جدا ، من أجل ذلك ، تعرف أبعاد النجوم فى الفلك باختلافاتها الظاهرية (Parallax) وهى التى تنشأ من دوران الأرض حول الشمس أثناء السنة ، فالاتجاه الذى يرى فيه نجم ما يتغـــير دوريا نتيجة لحركة الأرض فى الفضاء السماوى حول الشمس . فالنجم ن يرى فى الاتجاه ا ن حيث تكون الأرض فى نقطة ا من مدارها . وبعد ستة شهور تكون الأرض

قد بلغت النقطة ب من مدارها ونرى هذا النجم في الاتجاه ب ن وفي أثناء هذه المدة وإلى أن تبلغ الأرض مرة أخرى النقطة ا من مدارها يقع الاتجاه الذي يرى فيه النجم بين الاتجاهين ا ن ، ب ن . والفرق بين هذين الاتجاهين هو الزاوية ا ن ب وهي الاختلاف الظاهري للنجم ن (أنظر الشكل ٧)

فالاختلافات الظاهرية للنجوم هي الزوايا التي تقع النجوم عند رؤوسها والضلع المقابل لها هو نصف قطر مدار الأرض حول الشمس. وطوله ٩٣ مليون ميلا . ومن الواضح أن هذه الزوايا تقل كلما زاد بعد النجم في أعماق الفضاء .

ولقد ذكرنا آنفا أن البارسك وهو الذي اتخذ وحدة مسافات ، في تقدير الأقدار المطلقة هو البعد الذي يكون الاختلاف الظاهري عنده يساوي ثانية قوسية واحدة . ومن ثم فالاختلافات الظاهرية التي تساوي ١ر ، ١٠ر ، ١٠٠ر ، من الثانية القوسية تعادل ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ بارسك على التوالي .

وهناك وحدة أخرى لقياس أبعاد النجوم وهي السنة الضوئية ، وهي عبارة عن المسافة التي يقطعها الضوء بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانيه في زمن قدره سنه، وتعادل ٦٣٠٠٠ ألف مرة المسافة بين الأرض والشمس.

ونظرا إلى أن معظم النجوم بعيدة جدا ، فان من المتعذر جدا قياس اختلافاتها الظاهرية ، وليس هناك سوى عدد قليل جدا منها مما أمكن

قياس اختلافه الظاهرى . والطريقة المتبعة فى ذلك هى أخذ لوحة فوتوغرافية للنجم المطلوب تعيين اختلافه الظاهرى ولوحة أخرى بعد ستة شهور ، ثم ثالثة بعد ستة شهور أخرى ، ثم تقارن مواقع النجم فى الألواح الثلاثة بالنسبة للنجوم الأخرى القريبة منه .

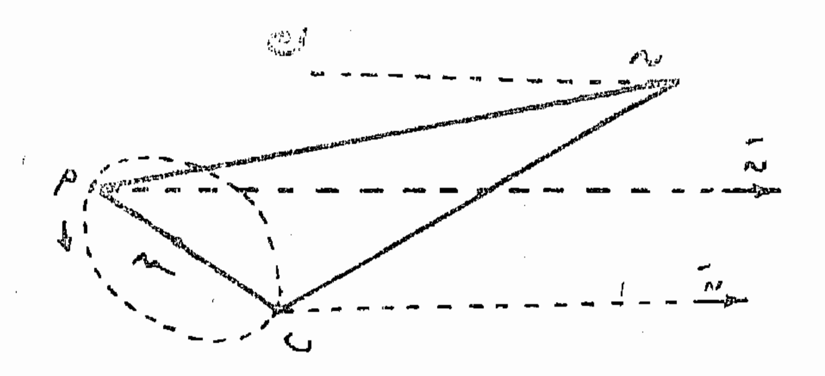
والجدول الآتى يشتمل على أسماء النجوم ذوات الاختلاف المركزى الكبير ، وأبعادها بالسنين الضوئية ، وضوئها باعتبار ضوء الشمس وحده ومراتبها الطيفية وحركاتها الذاتية ، التى سيأتى الكلام عنها فيما بعد .

النجوم	الحركة الذاتية ثانية قوسية	الاختلاف الظاهري ثانية قوسية	البعد بالسنين الضوئية	الضوء باعتبار الشمس = ١	المراتب الطيفية
الأقرب من سنطوري	٣ر٨٥	٠ر٧٩	٤ر١	٠ر٠٠٠١	—
ا سنطوري	٤ر٦٨	٠ر٧٦	٤ر٣	١ر٣	حـ صفر
ميونخ ١٥٤٠	١٠ر٢٩	٠ر٥٣	٦ر٢	ر٠٠٠٥	م ب
لالند ١٨٥ر١١	٤ر٧٤	٠ر٤١	٧ر٩	ر٠٠٥٤	م ب
الشعرى اليمانية	١ر٣٢	٠ر٣٨	٨ر٦	٣٠ر٠	أ صفر
كوردوبا ٧٠٨٢٤٣	٨ر٧٥	٠ر٣٢	١٠ر٢	ر٠٠٢٢	ك ٢
T قيطس	١ر٩٢	٠ر٣٢	١٠ر٢	ر٣٥	ك صفر
ε النهر	٠ر٩٧	٠ر٣١	١٠ر٥	ر٣١	ك صفر
الشعرى الشامية	١ر٢٤	٠ر٣٠	١٠ر٩	٧ر٠	ف ٥
٦١ الدجاجة	٥ر٢٤	٠ر٣٠	١٠ر٩	ر٠٦٤	ك ٥

ويتضح من هذا الجدول :

أولا — أن النجوم ذوات الحركة الذاتية الكبيرة قريبة بوجه عام من النظام الشمسى .

ثانيا — إن النجوم المذكورة فى هذه الجدول كلها من الأقزام (الصغيرة) وإن مراتبها الطيفية من المراتب المتأخرة فى السلسلة الطيفيه .



والآن لو فرضنا أن ن نجما من النجوم اللامعة و نَ من النجوم الخافتة كما يبدوان فى المنظار وافترضنا لهذا السبب أن أولها أقرب إلى الأرض من الثانى وأن ش الشمس و ا موقع الارض من مدارها فى أول مارس و ب موقعها فى أول سبتمبر أى بعد ستة شهور .

وبفرض أن نَ بعيد بعداً كافيا فأنه بقياس الزاويتين ن ا نَ فى أول مارس ثم ن ب نَ فى أول سبتمبر باعتبار نَ ا و نَ ب متوازيان فاذا رسمنا الخط ن ك موازيا لهما نجد ان :

$$\angle \text{ا ن ك} = \angle \text{ن ا نَ}$$

$$\text{و} \quad \angle \text{ب ن ك} = \angle \text{ن ب نَ}$$

وعليه نجد ان ∠ اده ب = ∠ ب ده ق — ∠ اده ق

= ∠ ه ب هَ — ه ا هَ

وهذا هو الاختلاف الظاهرى للنجم ه وكلتا الزوايتين يمكن تعينهما بالرصد وبما ان الخط أ ب = ١٨٦ مليون ميل نجد انه من الممكن تقدير بعد نجم مثل ه بالاميال وذلك برصد اختلافه الظاهرى عندما يكون أ ب عموداً على ا ه .

حركـــات النجوم الذاتيـــة(١)

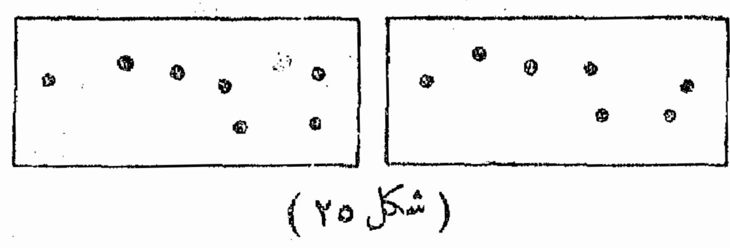
ذكرنا آنفا ان الكوكبات تحتفظ بأشكالها المعروفة جيلا بعد جيل ، وأن مواقع النجوم بالنسبة إلى بعضها البعض هى الآن كما كانت معروفة عند القدماء ، ولهذا السبب اسموها النجوم الثابتة تمييزا لها عن الكواكب السيارة وظل الناس يعتقدون بثبوت النجوم أجيالا طويلة حتى فجر القرن الثامن عشر عندما اكتشف هالى عام ١٧١٨ أن مواقع النجوم الثلاثة : الشعرى اليمانية والسماك الرامح والدبران ـ قد تغيرت تغيرا محسوسا بالنسبة للنجوم المجاورة لها منذ عهد هباركس (القرن الثالث ق . م)، ودلت الأرصاد بعد ذلك على ان الشعرى اليمانية تتحرك فى السماء بمعدل ١,٣ ثانية قوسية فى العام الواحد أو ما يزيد على ثلث الزاوية المحصورة بين حافتى القمر عند الأرض فى زمن قدره ألفين سنة .

ونظرا لما هذا الاكتشاف من الأهمية قام الكثير من الفلكيين بعد

(١) Proper Motione of stsrs

هالى بتعيين مواقع النجوم بكل دقة مرات عديدة لاستنباط تحركها فى السماء وذلك بمقارنة مواقعها فى سنين متباعدة . وتمكن الاستاذ لويس بوس - بمقارنة الأرصاد المختلفة منذ عام ١٧٥٥ - من استنباط الحركات الذاتية لنيف وستة آلاف نجم نشرها فى عام ١٩١٠ فى كتالوجه المشهور المسمى :

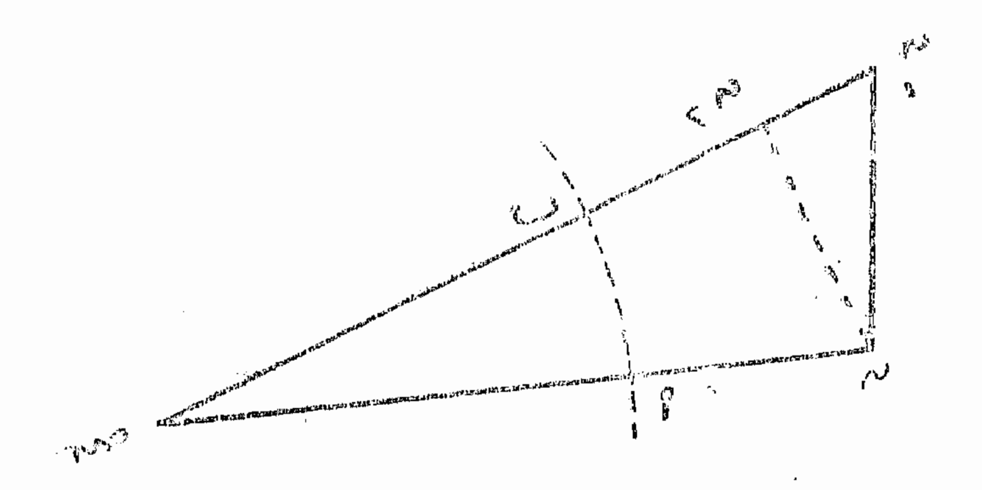
ولم تزل الحاجة ماسة الى تقدير الحركات الذاتية لعدد أكبر من النجوم وتدل التقديرات الحالية على أن النجم الضئيل « برنارد » المسمى باسم مكتشفه فى ١٩١٦ من أكبر النجوم تحركا بالنسبة إلى بسيط النجوم التى تجاوره إذ تبلغ حركته الذاتية عشرة ثوان قوسية فى العام . ويبلغ عدد النجوم التى قدرت حركاتها الذاتية حتى عام ١٩٢٣ بنحو ½ ثانية قوسية فى العام ٧٤٩ نجما



(شكل ٢٥)

ويوضح شكل ٢٥ مقدار التغيير فى شكل كوكبة الدب الأصغر فى مدى خمسين ألف سنة بسبب الحركات الذاتية لنجوم هذه الكوكبة .

ولا يمكن استنتاج سرعة النجوم فى الفضاء من مجرد معرفة حركاتها الذاتية فقط ، بل يجب أن يعرف زيادة على ذلك أبعادها الحقيقية . وتتضح هذه الحقيقة من الشكل الآتى فأننا لو فرضنا أن النجم ں قد تحرك فى زمن معلوم من ں إلى ں١ (شكل ٢٦) فأن الزاوية ں ض — ں نفرض أن ص تمثل الأرض - هى الحركة الذاتيه لهذا النجم . ولو انه تحرك فعلا من ں الى ں٢ بدلا من ں١ فأن حركته الذاتية هى ص ں ص ں وكل منهما تساوى الزاوية ا ص ب



(شكل ٢٦)

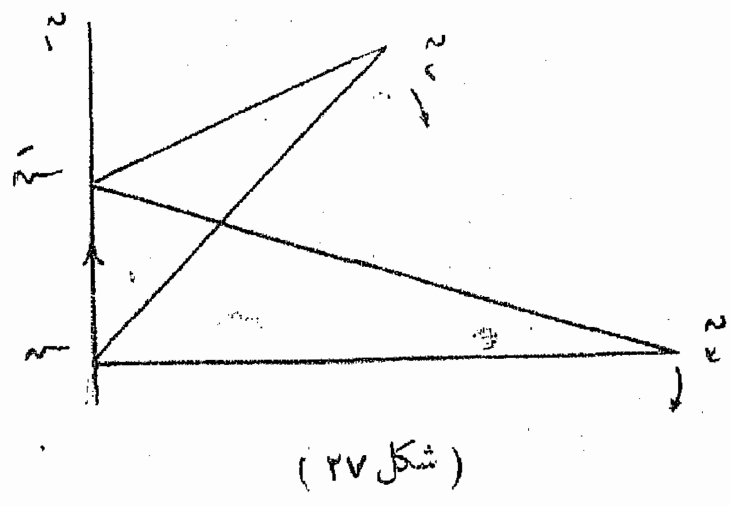
فلو عرفنا بعد النجم ن ص أمكننا استنباط سرعته فى الاتجـــاه العمودى على الخط البصرى ص ن . أما سرعته فى اتجاه هذا الخط فيمكن استنباطها باستخدام المطياف . والآن لو فرضنا جدلا أن مركبة السرعة فى الاتجاه العمودى على الخط البصرى واحدة بالنسبة للنجوم كلها ، نجد أنه بقياس الحركة الذاتية لأى نجم — وهو أمر سهل نسبيا — يمكن استنباط بعده بالنسبة لنجم آخر وعلى أساس هذا الفرض فأن نجما حركته الذاتية خمسة ثوان قوسية فى مائة سنة أبعد عنا بعشرة مرات من نجم آخر حركته الذاتية ٥٠ ثانية قوسية فى مائة سنة .

وليس لهذا الفرض ما يبرره ، ولكن يمكن الانتفاع به لتعيين النجوم القريبة نسبيا (أى ذوات الحركة الذاتية الكبيرة) لتقدير أبعادها بكل دقة .

ولقياس الحركة الذاتية للنجوم لابد من تعيين ومقارنة مواقعها فى أزمنة متفاوتة على مدى ٥٠ سنة مثلا ، على الأقل . وقد اقترح الأستاذ كبتين طريقة أخرى أسهل نسبيا ، ولا تقل عن الأولى فى دقتها ، وذلك بأخذ صور فتوغرافية لمناطق من السماء وحفظها بدون تحميض مدة ١٠

سنين مثلا ، ثم يعرض اللوح الفتوغرافى نفسه مرة ثانية لضوء النجوم نفسها بعد زحزحته مقدارا معلوما ثم تحميضه بعد ذلك ومقارنة مواقع النجوم المختلفة أثناء هذه الفترة واستنباط حركاتها الذاتية .

ولقد أثار اكتشاف عدم ثبوت مواقع النجوم احتمالا قويا هو تحرك النظام الشمسى نفسه وسط النجوم مما يتسبب عنه حركات ظاهرية للنجوم تلك الحركات التى أثبتتها الأرصاد والتى نسميها الحركة الذاتية . ولايضاح ذلك نفرض أن س الشمس ومن حولها السيارات ، تحركت أثناء زمن معين من س إلى سَ (شكل ٢٧) ولنفرض أن ن١ ، ن٢ ، ن٣ ثلاثة نجوم ، فأما الأول ن١ الذى يقع فى اتجاه تحرك الشمس فإن موقعه فى السماء يبقى ثابت بالنسبة لنا غير متأثر بحركة الشمس هذه ، وأما الثانى والثالث فان حركتهما الظاهريه المنسبة عن حركة الشمس نفسها فتعينها الزاويتان ش ن٢ سَ ، س ن٣ سَ وإذن فلو كانت الشمس تتحرك فعلا وسط النجوم لترتب على ذلك ما يأتى :



(شكل ٢٧)

أولا ـ أن النجوم بوجه عام تبدو متحركة فى الاتجاه المضاد لحركة الشمس .
ثانيا ـ أن النجوم التى تقع فى اتجاه حركة الشمس أو قريبة منه تبدو غير متأثرة بهذه الحركة ـ أما النجوم التى تقع على بعد واحد من الشمس

وفى اتجاهات مختلفه فيكون مقدار حركتها الذاتيـة أكبر ما يمكن لتلك التى تقع فى اتجـاهات عمودية على اتجـاه حركة الشمس وأقل ما يمكن التى تقع فى هذا الاتجاه .

ثالثا ـ بالنسبه لنجمين فى اتجاه واحد يكون مقدار الحركة أكبر للنجم الأقرب نسبيا من الشمس .

وتسمى الحركة الظاهرية للنجم المتسببة عن حركة الشمس هذه (الحركة الاختلافية)[١] والنقطة التى تتحرك نحوها الشمس (اتجاه حركة الشمس)[٢]

ولقد وجد السير وليم هرشل عام ١٧٨٣ من دراسة الحركة الذاتية لعدد محدود من النجوم ، إنها إجمالا تتحرك فى الاتجاه المضـاد لنقطة معينة من السماء ، تقع فى كوكبة الجاثى بالقرب من النجم اللامع « النسر الواقع » واعتبرها اتجاه حركة الشمس فى الفضاء .

ومن الواضح أنه لا يمكن تعيين الاتجاه الذى تتحرك نحوه الشمس بكل دقة ما لم تكن لدينا تقديرات عن الحركة الذاتية لأكبر عـدد من النجوم ويجب أن نتذكر أن النجوم القليلة المعروفة حركاتها الذاتية والتى عين بواسطتها السير وليم اتجاه حركة الشمس فى الفضاء ليست ثابته كما افترضنا ، وان حركاتها الذاتية لا يمكن أن تنسب كلهـا إلى أنها حركة ظاهرية متسببة عن حركة الشمس وحدها بل لا بد وأن يكون بعضها مركبات حركة النجوم الحقيقية . ولقد أثبتت أرصـاد حديثه على أن الاتجـاه الذى تتحرك نحوه الشمس هو النقطة من سطح الكرة السماوية التى أحداثياتها هى :

---

١) Paralletic Moton   ٢) Solar apex

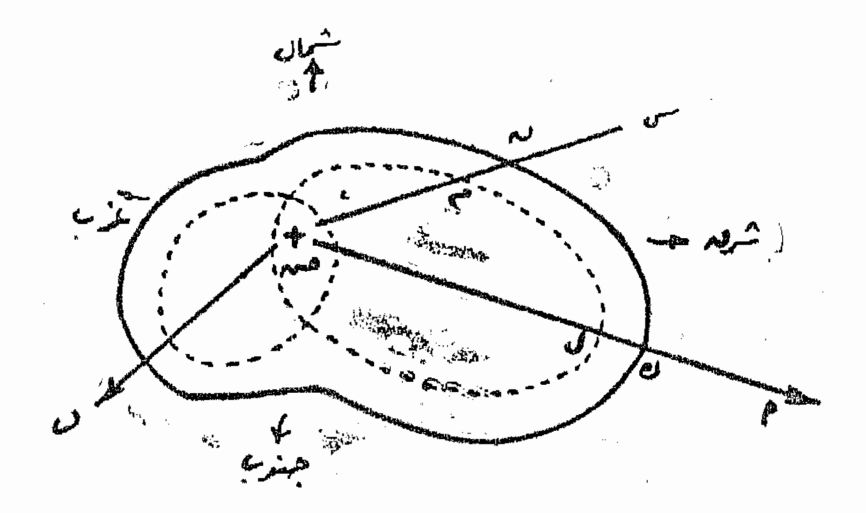
المطلع المستقيم ١٨ ساعة
الميـــل . . . . ٣٠° شمالا

وهذا الاتجاه يبعد بنحو ١١° من النجم «النسر الواقع» .

ولقد وجد بطرق أخرى أن سرعة الشمس نحو هذه النقطة تبلغ ٢٠ كيلو مترا فى الثانية الواحدة .

مسالك النجوم

تكلمنا عن حركات النجوم ويبدو حتما بعد ذلك أن نتسائل عما إذا كانت النجوم تتحرك فى الفضاء وفقا لقوانين معلومة أو هى تتحرك فيه على غير هدى . فى عام ١٩٠٤ حالل الاستاذ كبتن Kapten حركات النجوم فى الاتجـاهات المختلفة لمنطقة صغيرة من السماء ووجد أن عدد النجوم التى تتحرك فى اتجـاه معين تختلف باختلاف هذا الاتجاه كما يتضح ذلك من الرسم البيانى الآتى :



(شكل ٢٨)

فطول الخط ن ص يمثل عدد نجوم المنطقة التى تتحرك فى الاتجاه ص س والخط ك ض يمثل عدد نجوم المنطقة التى تتحرك فى الاتجاه ض ا وهكذا

ووجد كبتين علاوة على ذلك أن مثل هذا الرسم يمثل عدد النجوم التى تتحرك فى اتجاه معين لأى منطقة صغيرة أخرى من السماء، واستنتج فى الحال أن نجوم المنطقة الواحدة تميل إلى التحرك فى اتجاهين رئيسين أحدهما صـ ا والآخر صـ ب ولاحظ فى جميع الحالات أن الاتجاه الأول أرجح .

وبدراسة الاتجاهات الرئيسية صـ ا ، صـ ب لمناطق مختلفة من السماء وجد أن كلا منها تتلاقى فى نقطة معينة فالخطوط صـ ا لمنـــاطق مختلفة من السماء تتلاقى فى نقطة معينة وكذلك الخطوط صـ ب تتلاقى فى نقطة أخرى .

ولولا أن عدد النجوم المعروف حركاتها فى السماء قليل جدا نسبيا لقطعنا بصحة القول بأن النجوم تتحرك فى اتجاهين معينين .

أما سبب هذه الظاهرة فلم يكتشف حتى الآن .

النجوم المزدوجـــة

تبدو النجوم جميعها للعين المجردة وحدات مفردة، ويبدو الكثير منها فى المنظار مكونا من مركبتين مثل رأس التوأم المقدم و ٦١ الدجاجة . وقد دلت الأرصاد الكثيرة على وجود آلاف من أمثال هذين النجمين. ويمكن أن يقال بوجه عام أن هناك نجم مزدوج فى كل ثمانية عشر نجما - حتى القدر التاسع .

وقد تبدو النجوم مزدوجة لأنها تقع على خطوط بصرية واحدة تقريبا وفى هذه الحالة لا تربط مركبتى نجم من هذا النوع علاقة طبيعية خاصة، لأن المسافات بينهما تكون كبيرة جدا، وتسمى هذه النجوم المزدوجات البصرية ومع ذلك فثمة مزدوجات على أبعاد متساوية منا تربط مركبة الواحدة منها بالمركبة الأخرى ارتباط طبيعى وتدوران حول مركز الثقل المشترك لهما وتسمى المزدوجات التى من هذا النوع المزدوجات الحقيقية (١) . وتطبيقا لقانون الجاذبية العام تدور كل مركبة من هذه المزدوجات فى قطاع اهليلجى حيث يكون مركز الثقل المشترك فى إحدى بؤرتيه ، ومدار المركبة الصغرى أكبر من مدار المركبة الكبرى بالنسبة العكسية لأوزانهما

وهناك مزدوجات لا يمكن رؤيتها كمركبات منفصلة حتى بالمناظير الحالية لصغر المسافة التى تفصل المركبة الواحدة عن الأخرى . وقد استدل على الازدواج بواسطة المطياف، والمزدوجات التى اكتشفت بهـــذه الطريقة تسمى المزدوجات الطيفية (٢) ويقدر ما عرف منها حتى الآن بالمئات

النجوم الثلاثية والمضاعفة :

كثير من النجوم التى كان يظن أنها مجرد نجوم مزدوجة قد وجد أخيرا أنها مكونة من ثلاثة مركبات أو أكثر. وفى بعض الأحيان لم تكتشف المركبات الجديدة إلا بواسطة المطياف ، وقد وجد أن النجم القطبى من النجوم الثلاثية التركيب .

---

(١) Visual binaries

(٢) Spectroscopic binaries

النجوم المتغيرة

هي النجوم التي يتذبذب ضوؤها بين القوة والضعف في دورات معلومة ويقدر عددها بالآلاف. وبعضها يتغير ضوؤه بشكل غير منتظم ، بينما البعض الآخر يصل حدوده العليا والدنيا من الضوء بعد دورة منتظمة تختلف طولا باختلاف النجوم ، وتتراوح مدة الدورة بين ساعات معدودة ومئات الأيام .

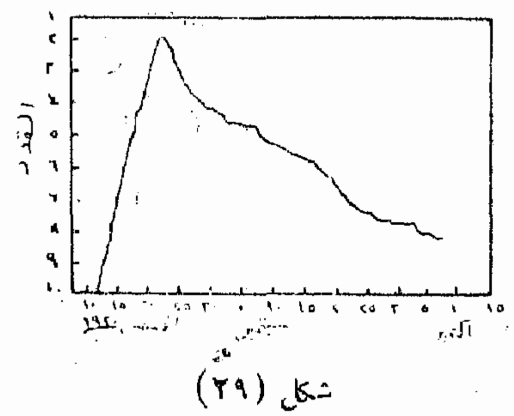
وقد قسم الاستاذ بكرنج pickernig النجوم المتغيرة الى خمسة أقسام وهي :

١) النجوم الجديدة أو المؤقتة
٢) النجوم ذوات الدورة الطويلة :
٣) النجوم ذوات الاختلاف القصير أو الغير منتظم .
٤) النجوم ذوات الدورة القصيرة .
٥) المتغيرات الكسوفية

أولا ـ النجوم الجديدة ـ يطلق هذا الاسم على النجوم التي يزيد ضوؤها فجأة وبدرجة كبيرة عادة ثم يضعف بعد ذلك بسرعة في بادئ الأمر ثم تدريجيا حتى يصل إلى درجة معينة. وليس معروفا حتى الآن أن أمثال هذه النجوم قد عانت مثل هذه التغيرات الفجائية أكثر من مرة . وأهم صفات هذه النجوم هو الازدياد الكبير والفجائي في ضوئها ثم النقص التدريجي فيه . المصحوب عادة بتذبذبات صغيرة وغير منتظمة . مثال ذلك الجديد

(٣) العقاب سنة ١٩١٨ والجديد (٣) الدجاجة الجديدة سنة ١٩٢٠ . فالأول كان قبل انفجاره نجما ضئيلا يتذبذب ضوؤه بين القدرين العاشر والحادى عشر . وقد دلت الأبحاث على أن ضوءه كان فى يوم ٥ يونيه سنة ١٩١٨ نجما من القدر ١٠,٥ وفى يوم ٧ يونيه[٢] وصل ضوءه إلى القدر السادس وفى المساء الثانى تمكن من رؤيته كثير من الناس وبلغ فى لمعانه الى درجة نجم من القدر الأول ، وفى المساء الذى يليه بلغ فى لمعانه حده الأعلى (القدر - ٠,٥) وهكذا نجد أن ضوئه زاد فى مدى أربعة ايام بنسبة : ٢٥٠٠٠ : ١ . وفى ١٧ يونيه كان ضوؤه يعادل ضوء نجم من القدر الثانى وفى ٢٢ يونيه كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر الثالث وبعد سنة كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر السادس .

وليس من المحقق أنه بعد انفجار النجم على هذا النحو أن يعود إلى حالته الأولى تماما من حيث درجة لمعانه . إذ المعروف أن النجم الجديد المسمى (الأكليل الجديد) سنة ١٨٦٦ كان قدره قبل انفجاره ٩,٥ وقدره الآن ١١,٥ .



شكل (٢٩)
منحنى ضوء الجديد (٣) الدجاجة ١٩٢٠

---

٢) أرصاد مرصد هيدلبورغ   ٢) أرصاد مرصد هارفار

وألمع النجوم الجديدة المعروفة حتى الآن النجم الجديد (ذات الكرسى) الذى اكتشفه تيكو براهى عام ١٥٧٢ والذى بلغ ضوؤه القدر — ٤ و (الحواء) الذى اكتشفه كپلر عام ١٦٠٤ وبلغ ضوؤه القدر — ٢ وكلا النجمين ضئيل القدر الآن لدرجة أنه يصعب تمييزهما . وألمع الجديدات المكتشفة حديثا (برشاوش الجديدة) الذى بلغ ضوؤه القدر صفر .

ويلاحظ أن معظم النجوم الجديدة المكتشفة تقع فى المجرة أو بالقرب منها ، وقد لوحظ أنه يصحب التغير المفاجىء فى ضوء النجوم الجديدة تغير غريب فى طيفها . ويعزو بعض العلماء هذه الظاهرة الى دخول النجم فى مادة سديمية فترتفع درجة حرارة النجم بالاحتكاك بهذه المادة ويزيد ضوؤه وقوة

والجدول الآتى يشتمل على النجوم الجديدة التى عرفت منذ عام ١٥٧٢ أما ما اكتشف منها قبل ذلك فغير موثوق به تماما ، وذلك لأن القدماء كانوا يخلطون بينها وبين المذنبات .

عام	النجم الجديد	أعلى قدر	المطلع المستقيم		الميل	
			ق	ت	'	°
١٥٧٢	ذات الكرسى	أكبر من ١	١٩	٠	٣٥	٦٣ ش
١٦٠٤	الحواء	١	٢٧	١٧	٢٥	٢١ ح
١٦٧٠	الثعلب	٣	٤٤	١٩	٧	٥٧ ش
١٨٤٨	الحواء	٤	٥٥	١٦	٤٦	١٣ ح
١٨٦٠	العقرب	٧	١٢	١٦	٤٨	٢٢ ح
١٨٦٦	الإكليل	٢	٥٦	١٥	١٠	٢٦ ش
١٨٧٦	الدجاجة	٣	٣٩	٢١	٢٨	٤٢ ش
١٨٨٥	المرأة المسلسلة	٧	٣٨	٠	٥٠	٤٠ ش
١٨٨٧	١ برشاوس	٩,٢	٥٦	١	٢١	٥٦ ش
١٨٩٢	ممسك الأعنة	٤	٢٧	٥	٢٣	٣٠ ش
١٨٩٣	المربع	٧	٢٤	١٥	٢٨	٥٠ ح
١٨٩٥	القرينة	٨	٤	١١	٣٠	٦١ ح
١٨٩٤	قنطورس	٧	٤٢	١٣	١٤	٣١ ح
١٨٩٨	١ القوس	٤,٧	٥٧	١٨	١٦	١٣ ح
١٨٩٩	١ العقاب	٧	١٦	١٩	١٧	٠٠ ح
١٩٠١	٢ برشاوش	أكبر من ١	٢٦	٣	٣١	٤٣ ش
١٩٠٣	١ التوأمان	٥	٣٩	٦	٢	٣٠ ش
١٩٠٥	٢ العقاب		٥٨	١٨	٣٤	٤ ح
١٩١٠	٢ القوس	٧,٥	٥٥	١٧	٢٣	٢٧ ح
١٩١٠	الورل	٥	٣٣	٢٢	٨	٥٢ ش
١٩١٢	٢ التوأمان	٣,٣	٥٠	٦	١٤	٣٢ ش
١٩١٨	٣ العقاب	أكبر من ١	٤٥	١٨	٢٩	٠ ش

ش ترمز إلى ان النجم فى نصف الكرة السماوية الشمالى و ح إلى انه فى نصفها الجنوبى

وتعرف النجوم الجديدة باسماء الكوكبات التابعة لها والسنه التي ظهرت فيها وبعضها وتعرف بأسماء مكتشفيها مثل نجم تيكو ، ونجم كبلر .

وقد اكتشف على مر السنين أكثر من نجم واحد جديد فى الكوكبة الواحدة . ولذا استعملت الأرقام العددية ١، ٢، ٣، .. للدلالة على كل نجم فمثلا ٣ العقاب الجديد ١٩١٨ هو ثالث نجم جديد اكتشف فى كوكبه العقاب .

ثانيا ـ النجوم ذات الدورة الطويلة ـ لو فحصنا دورات النجوم المتغيرة وجدنا أن هناك عدداً كبيراً تقل دورته عن إحدى عشر يوما ، وأن هناك عدداً كبيراً تتفاوت دورته بين ١٥٠ ، ٤٥٠ يوما ، أما المتغيرات التى تتراوح دوراتها بين ١١ يوما و ١٥٠ يوما فهى قليلة نسبيا وعلى ذلك نجد من السهل تقسيم المتغيرات إلى قسمين ويطلق على المتغيرات التى تزيد مدة دورتها على ٤٥٠ يوما النجوم ذات الدورة الطويلة .

وأهم خواص هذا النوع أن التغيرات فى القدر كبيرة وتتراوح من القدر الثالث إلى القدر الثامن . ونجوم هذه الفصيلة ذات لون أحمر ويلاحظ انه كلما زاد احمرار النجم كلما زادت مدة الدورة ومن الأمثلة على هذا النوع النجم (و قيطس) . ودورته ٣٣٢ يوما ويتغير قدره بين الثانى والتاسع وهو أقل ثبوتا عند القدر الثانى منه عند القدر التاسع .

وبمقارنة أهم خواص النجوم المتغيرة بما يحدث فى الشمس وعلى الأخص دورتها الكلفية، وما يصحبها من من ظواهر، نجد انها تشبه النجوم ذات الدورة الطويلة، الا أن طول الدورة كبير جداً بينما التغيرات القدرية طفيفة .

ثالثا ـ النجوم ذوات الاختلاف غير المنتظم ـ أن التغيرات القدرية لهذا النوع تبلغ حوالى قدرين ، أما مدة الدورة فتختلف باختلاف النجوم وتحتوى على نجوم من مراتب طيفية مختلفة بين ح ، ن

رابعا ـ النجوم ذوات الدورة القصيرة ـ يطلق على هـــذا النوع اسم التغيرات القيفاوسية . وأهم خواصها ثبوت طول الدورة مع صغر التغيرات القدرية .

المجـــرة

حتى فجر القرن العشرين كان من المعروف أن النظام النجومى أشبه شيء بعدسة كبيرة اتجاهها فى الفضاء ينطبق على اتجاه المجرة وقدر نيكومب قطره بمالا يزيد من ثلاثة آلاف سنة ضوئية أما التقديرات الحديثة لسعته فتبلغ اضعاف ذلك .

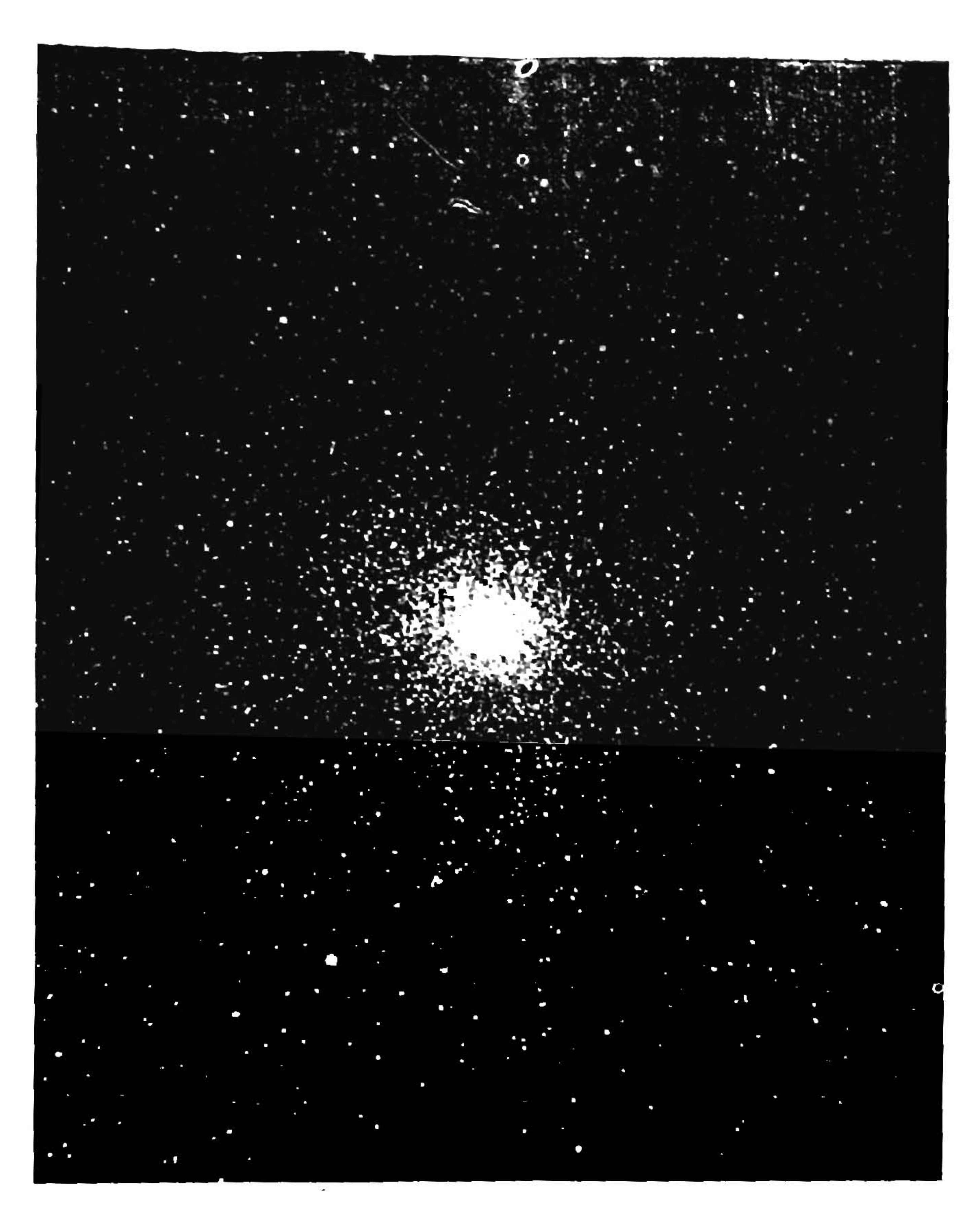
وقدر الدكتور سيرز Sears أن عدد نجوم قدر ما الى الذى يليه حتى القدر السادس ثلاثة ، وأن هذه النسبة تنقص تدريجيا الى ١٫٧ عند القدر العشرين والجدول الآتى يبين عدد النجوم فى الأقدار المختلفة .

القدر	العدد	النسبه
٤	٥٣٠	
٥	١,٦٢٠	٣,١
٦	٤,٨٥٠	٣,٠
٧	١٤,٣٠٠	٣,٠
٨	٤١,٠٠٠	٢,٩
٩	١١٧,٠٠٠	٢,٨
١٠	٣٢٤,٠٠٠	٢,٨
١١	٨٧٠,٠٠٠	٢,٧
١٢	٢,٢٧٠,٠٠٠	٢,٦
١٣	٥,٧٠٠,٠٠٠	٢,٤
١٤	١٣,٨٠٠,٠٠٠	٢,٣
١٥	٣٢,٠٠٠,٠٠٠	٢,٢
١٦	٧١,٠٠٠,٠٠٠	٢,١
١٧	١٥٠,٠٠٠,٠٠٠	٢,٠
١٨	٢٩٦,٠٠٠,٠٠٠	١,٩
١٩	٥٦٠,٠٠٠,٠٠٠	١,٧

ووجد فضلا عن ذلك أن عدد نجوم الأقدار المختلفة يقل باضطراد مع العروض المجرية كما يتضح من الجدول الآتى :



السديم المجرى « الثلاثى الشعب »



جمع نجومی فی کوکبهٔ القوس

عدد النجوم	العرض المجرى		
القدر الفتوغرافي	صفر	٤٥°	٩٠°
٩	٢,٨	١,٠	,٧
١١	٢٠	٦,٨	٤,٣
١٣	١٤٦	٣٩	٢١
١٥	٩١٠	١٧٧	٨٧
١٧	٤٧٨٠	٦٤٧	٢٨٨
١٩	٢٠٧٥٠	١٨٦٠	٧٧٠
٢١	٧٣٦٠٠	٤٢٢٥	١٦٧٠

فالنجوم فى النظام المجرى أكثر كثافة فى مستو المجرة ، وتتناقص تدريجيا فى اتجاه قطبيها ، وبفرض أن الشمس تحتل المركز من هذا النظام يتضح لنا أننا عندما ننظر الى السماء فى اتجاه منطقة النظام النجومى انما ننظر إلى المجرة وقدر شابلى بفرض أن المجاميع الكرية تابعة لنظام المجرة ان قطر المجرة الأكبر يبلغ طوله ٣٠٠٫٠٠٠ سنة ضوئية ، والأصغر ١٠٫٠٠٠ سنة ضوئية وأن الشمس تبعد عن مركزها مقدار ٦٠٫٠٠٠ سنة ضوئية ، أما المركز فيقع فى كوكبة القوس.

المجاميع النجومية

يوجد داخل المجرة أو عند حافتها نوعان من المجاميع النجومية تتحرك فى الفضاء كأسراب الطير ، أحدهما المجاميع المفتوحة Open Clusters وهى

إلى الداخل من نظامنا النجومى مثل الثريا ، والآخر المجاميع المكرية Globular Clustees وتقع عند الحافه أو إلى الخارج منها مثل المجموعة المعروفة بـ (مسيه ١٣) التى يقدر عدد نجومها بما لا يقل عن ٠٠٠ر١٠ نجم.

ويقدر عدد المجاميع المكرية بحوالى ٧٠ ، وقدر « سليفر » السرعة فى اتجاه خط البصر لعشرة منها بما يتراوح بين - ٤١٠ ، ٢٢٥ كيلومتر فى الثانية

وتتكون مجموعة الثريا من نجوم ذوات المرتبة الطيفية الواحدة ودرجة لمعانها واحدة تقريبا فضلا عن أنها تتحرك فى الفضاء بنفس السرعة .

وحققت الأرصاد تشابها كهذا فى مجاميع أخرى كمجموعة الثور والدب الأكبر.

الباب السابع

السدائم

السدائم المشتتة والمعتمة والكوكبية — السدائم اللامجرية
الغير منتظمة الشكل والكروية والبيضية والحلزونية

السدائم أجرام سماوية كبيرة سحابية الشكل . ويستطيع أى أنسان أن يرى عبر السماء ، سحابة نجومية كبيرة تمتد شرقا وغربا وتمر بالكوكبات الآتية : التوأمان . ممسك الأعنة . برشاوس . ذات الكرسى . الدجاجة النسر الطائر . السلياق تعرف بالمجره . وهى تبدو للعين المجردة كغيام مضىء فاذا ما تبينها الراصد خلال منظار وجد أنها تتكون من نجوم مكتظة خافتة الضياء . وقد وجد أن العين المجردة لا تستيطع أن تتبين نجمين متقاربين جدا إذا كان البعد الزاوى بينهما يقل عن دقيقتين قوسيتين . وهذا هو ماحدا بالسير وليم هرشل إلى الأعتقاد بأن السدائم جميعها نجوم مكتظة اكتظاظا عظيما إلى درجة يتعذر معها رؤيتها كنجوم مفردة . وقد لاحظ أيضاً أنه توجد فى سديم المجره قنوات مظلمه عزاها إلى وجود مادة سديمية معتمة .

وفيما عدا سديم المجره والسحابتين المجلانيتين الموجودتين فى نصف الكرة الجنوبى فانه يتعذر رؤية السدائم - التى يقدر عددها بملايين عدة - بالعين المجردة ، بينما يمكن رصدها وتصويرها بالمناظير ، ذلك لأن الضوء الذى

يصل الينا من هذه السدائم خافت لبعد معظمها السحيق فى أعماق الفضاء . ويستخدم فى تصويرها المناظير ذات الأقطار الكبيرة التى تجمع من ضوئها أكبر مما يقع على سطح العين . ويستخدم لهذا الغرض ألواح فتوغرافية عالية الحساسية وفضلا عن ذلك فأنه يمكن تعريض اللوح الفوتوغرافى لضوءها مدة طويلة قد تصل إلى بضعة ساعات حتى تتكون من ضوئها طيلة هذه المدة صورها الفوتوغرافية .

وتنقسم السدائم إلى قسمين رئيسيين وهى السدائم المجرية أى التى توجد داخل نظامنا المجرى والسدائم اللامجرية التى توجد خارجه :

السدائم المجرية

توجد بالمجرة ثلاثة أنواع من السدائم (١) السدائم الغازية او المشتتة (٢) السدائم المعتمة (٣) السدائم الكوكبية .

وتبدو الأولى كسحب خافتة الضياء والثانية كقنوات فى المجرة خلاء يندر أو ينعدم فيها رؤيه النجوم . أما الثالثة - ويقدر عددها بنحو مايةوخمسين فأجسام سديمية صغيرة دائرية الشكل أو بيضية ، يوجد عند مركزها عادة نجم وتبدو فى المناظير الصغيرة كأقراص كوكبية ومن هنا نشأت تسميتها .

(١) السدائم المشتتة أو الغازية : ومن الأمثلة عليها السديم الكبير فى كوكبه الجبار ، وهى ذوات أشكال غير منتظمة ، وتوجد عادة بجوار المجرة وقد وجد أن ضوءها مرتبط بضوء نجوم معينة مقترنة بها ، وقد اكتشف عدد منها فى السحابتين المجلانيتين اللتين تعتبران من السدائم اللامجرية . ويرى الأستاذ هبل أن ضوء هذا النوع من السدائم مرده إلى النجوم المقترنة

بها ، فقد وجد أن ثمة علاقة وثيقة بين طيف هذا النوع من السدائم والنوع الطيفى لهذه النجوم ، كما أن هناك ارتباطا بين قدر النجم المشع ومساحة السديم المنتشر ، فالنجم الذى من القدر الأول مثلا يولد الضوء فى مادة سديمية تحيط به أو قريبة منه إلى مسافة تقدر بدرجات عدة بينما أن نجما من القدر الثالث عشر لا يكاد يولد الضوء فيها لأبعد من نصف دقيقة قوسية . يتضح من هذا أن السدائم المشتتة - وتسمى أيضا المنتشرة - ليست ذاتية الأشعاع وأنها تدين بضيائها إلى النجوم المقترنة بها .

ويحتمل أن تكون المادة السديمية فى هذا النوع مكونة من خليط من جزئيات ترابية أو جسيمات أكبر حجما ، كثافتها قليلة جدا قدرت بنحو جزء واحد من ألف مليون جزء من كثافة الهواء عند درجة الحرارة والضغط القياسيين . أو ما يعادل جزء من مليون من كثافة أكمل فراغ يمكن إيجاده عمليا على وجه الأرض . أما كتلة مادتها فتقدر بنحو عشرة آلاف مرة كتلة الشمس . ويقدر اتساع سديم الجبار بنحو ١٠ سنين ضوئية وبعده بنحو ٦٠٠ سنة ضوئية . وبعض السدائم المنتشرة يتغير شكلها ولمعانها كالسديم رقم ٦٧٢٩ الموجود فى كوكبه الأكليل الجنوبى والذى يشبه مروحة أو مذنب ولقد لوحظ أن النجم الذى يقع عند رأس هذا السديم من المتغيرات غير المنتظمة

(٢) السدائم المعتمة : توجد هذه السدائم فى كثير من أجزاء المجرة كمناطق خالية تقريبا من النجوم أو تقل فيها كثافة النجوم عن كثافتها فى المناطق المحيطة بها . ويفسر خلوها من النجوم إلى كون هذا النوع من السدائم مكون من مادة حاجبة لضوء النجوم التى تقع وراءها .

وتكثر السدائم المعتمة فى كوكبات الجبار والجوزاء والعقرب

والصليب الجنوبى ومن الأمثلة النموذجية لهذا السديم المعتم فى كوكبة الحواء والذى يوجد فى منطقة مكتظة بالنجوم بينما هو يكاد يكون خاليا منها .

ويعزى حجب السدائم المعتمة إلى أنها تتكون من سحب ترابية دقيقة الجزيئات ، يقدر قطر الجسيمات المكونة لها بما يقرب من طول موجة الضوء ولذا ينشأ عن وجودها الاحتجاب التام لضوء ما وراءها من نجوم .

وقد توجد السدائم المعتمة والمضيئة (المشتتة) معا ، ومن المحتمل أنهما من أصل واحد وأن وجود النجوم فى مواضع ملائمة يجعل بعضها مضيئا وإلا ظلت معتمة .

(٣) السدائم الكوكبيه :

يكثر وجود هذا النوع فى كوكبة القوس حيث تكثر فيها نسبيا النجوم الجديدة . وضوء هذه السدائم منتظم وأقطارها صغيرة ومحددة . ويوجد فى وسط معظمها نجم مركزى من أشد النجوم حرارة ومن المحتمل أن أحجامها تقرب من أحجام النجوم الجديدة . ويرى الاستاذ « مان » أن السدائم الكوكبية من النجوم الجديدة . وإن السديمية التى تحيط بالنجوم المركزية ليست سوى المادة التى لفظتها هذه النجوم أثناء فورانها قديما .

السدائم اللامجرية

توجد السدائم المجرية عادة فى اتجاه المجرة بينما أن القسم الأوفر عددا من السدائم ، وهى السدائم اللامجرية ، يكاد يتجنب هذه المنطقة من الفضاء السماوى ونجده أكثر وفرة فى اتجاه قطبى المجرة . وكثيرا ما يوجد هذا النوع على هيئة جموع أو أسراب . ويقدر عدد ما يمكن رؤيته من السدائم اللامجرية بمنظار كبير كمنظار مونت ولسون الذى قطر مرآته ١٠٠ بوصة بما

لا يقل عن ثلاثة ملايين . ولبعدها السحيق فى أعماق الفضاء تبدو خافتة الضياء . والسدائم اللامجرية المنتظمة شبيهة بنظامنا المجرى كاملة بنفسها وليست مرتبطة به ارتباطا طبيعيا من أى نوع . ولهذا سميت بالسدائم الخارجية عن المجرة . وتنقسم إلى قسمين رئيسين (١) سدائم غير منتظمة الشكل (٢) سدائم منتظمة الشكل . ولا تزيد نسبة القسم الأول عن ثلاثة فى المائة من مجموع عدد السدائم اللامجرية .

(١) السدائم الغير منتظمة الشكل :

يتكون هذا النوع من نجوم عديدة مفردة ومن الأمثلة عليها السحابتين المجلانيتين . وتقع السحابة الكبرى منهما فى كوكبة السمك المذهب وشكلها بيضى غير منتظم وتقدر أبعاد الجزء الكثيف فيها بنحو ٣ر٦° × ٢ر١° . وتدلنا الصور الفوتوغرافية على أن القطر الأول لها يزيد على ٧° طولا . وتقع السحابة الصغرى فى كوكبه التوكان . والجزء المركزى الكثيف فيها تقدر أبعاده بنحو ٢° × ١° ويقدر طول القطر الأكبر بأكثر من أربع درجات .

وتحتوى كل منها على عدد كبير من النجوم الخافتة الضوء من القدر الحادى عشر فأقل ضياء ، وتكثر فيهما النجوم المتغيرة وعلى الأخص القيفاويات كما توجد بهما الجموع النجومية المفتوحة والكريه . ويوجد فى الجزء الكثيف من السحابة الكبرى عدد كبير من النجوم العمالقة (وهى التى يكون لمعانها الذاتى كبير جدا ويتراوح قدرها المطلق بين — ١ ، — ٤) ويمكن بالأرصاد الفلكية قياس مدة دورات المتغيرات القيفارية وحساب لمعانها المطلق ، وبمقارنته بلمعانها الظاهرى يمكن استنباط بعدها . وقدر

شابلي بعد السحابة الكبرى بنحو ٨٦ الف سنة ضوئية ، وبعد السحابة الصغرى بنحو ٩٥ ألف سنة ضوئية. ويوجد بالسحابة الكبرى أكبر السدائم المشتتة المعروفة والذى يقدر قطره بنحو ١٣٠ سنة ضوئية وهو أكبر بكثير من سديم الجبار فى نظامنا المجرى .

وهناك تشابه كبير بين نظامنا المجرى وكل من السحابتين ولو أن كلا من منهما أصغر منه . أما السدائم اللامجرية الأخرى فأصغر بكثير من السحب المجلانيه والمعتقد أنها أبعد منها كثيرا .

(٢) السدائم المنتظمه الشكل

يتميز هذا النوع من السدائم بالدوران حول نواة غير نجميه. ودلت الأرصاد على أن الأجزاء الخارجية فى كثير منها تتكون من نجوم. وهى ذات أشكال هندسية مختلفة ، فمنها الكروى والبيضى والعدسى والحلزونى . وقد دلت الأبحاث النظرية على أن هذه الأشكال المختلفة تمثل حلقات تطور السديم الواحد .

والسدائم الحلزونية نوعان ، أحدهما تمتد فيه الأزرعة الحلزونية مباشرة من نواة مركزية ، والآخر ، ويسمى الحلزونيات ذات القضبان ترى فيه قضيب مستقيم يمر بالنواة وتمتد الأزرع من طرفيه . وتختلف صورة السديم باختلاف الزاوية التى نراها منه ، فالسديم البيضى لو أمكن أن نأخذ له صورة من اتجاه آخر لو جدنا أنه حلزونى . ولقد دلت الأرصاد الطيفية على أن محور دورانها عمودى على المستوى الاستوائى فيها . أما معدل الحركة فى أية نقطة من السديم فتختلف باختلاف بعدها من مركزه . فكأن السديم

يدور كما لو كان جسما واحدا متماسكا . وقد تصل السرعة الى بضعة مئات من الكيلومترات فى الثانيه فهى من درجة السرعة الدورانيه للشمس حول مركز المجرة . ورغم كبر هذه السرعة فأن أية نقطة من السديم قد يلزمها بضعة ملايين من السنين لتتم دورة كاملة حول مركزه وذلك نظرا لكبر السديم .

والأجزاء الخارجيه فى كل من سديم المرآه المسلسلة والسديم الحلزونى المعروف بمسييه ٣٣ محللة الى حد كبير إلى نجوم مفردة . وقد اكتشف من بينها عدد من القيفاويات المثالية والنجوم الجديدة مما أتاح للعلماء استنباط بعد بعض السدائم . ويقدر بعد هذين السديمين بنحو ٨٧٠ الف سنه ضوئيه . وباستخدام هذه النتيجه استنبطت أبعاد بعض السدائم الأخرى وقدر بعد بعضها بنحو ١٣٠ مليون سنه ضوئيه. واستنبطت أيضا سرعة السدائم اللامجريه فى اتجاه خط البصر من الأرصاد الطيفيه ووجد أن هذه السرع كبيرة جدا بوجه عام . وتقدر سرعة سديم المرأة المسلسلة بنحو ٣٠٠ كيلو متر فى الثانيه وهى سرعة اقترابيه أى أن هذا السديم يتحرك نحو الشمس . ولمعظم السدائم سرعة أكبر من هذه بكثير . وقد لوحظ أن للغالبيه العظمى منها سرع ابتعادية أى فى الاتجاه المضاد للشمس. وبعض هذه السرع يقدر بنحو عشرين ألف كيلو متر فى الثانيه .

ولما كانت هذه السرع المستنبطه مباشره من الأرصاد الطيفيه هى جميعها نسبيه ، أى بالنسبه لنظامنا الشمسى المتحرك هو أيضا فى الفضاء ، فقد وجد أنه بعد استبعاد تأثير دوران المجرة أن السرع الاقترابيه لسديم المرآة المسلسله وبضعة سدائم أخرى ـ ذات سرع ظاهريه اقترابية ـ ليست سوى

نتائج للدوران المجرى ، وأن هذه السدائم تتحرك كغيرها فى الاتجاه المضاد لنظامنا الشمسى .

وقد وجد أن هناك ارتباطا بين بعد السدائم اللامجريه وسرعتها القطريه ولهذا يمكن مقارنة بعد كل من الجموع السديميه بالسرعة المتوسطه المستنتجه لأفرادها العديدة . والجدول الآتى يحتوى على هذه النتائج . ويلاحظ فيه أن السرع لجميع هذه الجموع السديميه ابتعاديه . وان سرعة السديم اللامجرى فى الفضاء بالكيلومتر فى الثانيه تتناسب مع بعده بملايين السنين الضوئيه وأن النسبه بينهما كنسبه ١٧٠ : ١ تقريبا

الجمع السديمى	البعد بملايين السنين الضوئيه	السرعه المتوسطه بالكلومتر/ثانية	السرعة / ١٧٠
السنبله	٦	٩٨٠	٥
الفرس الأعظم	٢٤	٣٨٠٠	٢٢
السرطان	٢٩	٤٨٠٠	٢٩
برشاوش	٣٦	٥٢٠٠	٣١
شعر برنيقه	٤٥	٧٥٠٠	٤٤
الدب الاكبر	٧٢	١١٨٠٠	٦٩
الأسد	١٠٤	١٩٦٠٠	115

وعلى أساس هذه النتائج قامت نظرية تمدد الكون ، إذ لا بد أن يكون البعد بين أى سديم وآخر من السدائم اللامجريه فى تزايد مستمر بمعدل يتناسب مع البعد بينهما . وقد حاول كثير من العلماء تفسير هذه النتيجه ووضعت حلول كثيره يضيق المقام هنا عن الأفاضه فيها ، وكل مانستطيع

أن نقوله فى هذا الصدد أن الكون يتمدد فى الوقت الحاضر. وعلى أساس المعدل السالف الذكر نجد أن جميع الأبعاد تبلغ ضعف قيمتها بعد ١٣٠٠ مليون سنه تقريبا.

آحجام وكتل السدائم الخارجيه عن المجرة : ومن الممكن بعد تعيين بعد أى سديم حساب أبعاده الحقيقه بقياس أبعاده الزاويه. ولكن يجب أن نتذكر أن التقديرات المستنبطه بهذه الوسيله تكون أقل من الاتساع الحقيقى للسديم فالصور الفتوغرافيه مهما طالت مدة التعريض لايمكن أن تسجل شكل السديم الى أبعد حدوده الخارجيه، وقد رأينا أن السحب المجلانيه تمتد إلى أبعد من حدودها المعروفه على الصور ذات التعريض الطويل.

ويرجح أن أبعاد سديم المرأة المسلسلة تقرب من أبعاد نظامنا النجومى، ويحتمل أنه يمتد طوليا نحو ثلث أو نصف امتداد نظامنا المجرى. وتقدر كتلة المنطقة الداخلية له بنحو ٢٤٠ مليون مرة كتلة الشمس. أما سديم مسييه ٣٣ الذى بعده يقرب من بعد سديم المرأة المسلسلة فأصغر منه.

وقد دلت دراسة السدائم اللامجرية القريبة نسبيا منا على ان بينها وبين نظامنا المجرى تشابه كبير. وانها أنظمة كبيرة ذات كتل ضخمه تقدر بالف أو الفين مليون مرة كتلة الشمس. فهى تشبه نظامنا من حيث الامتداد الكبير فى أحد المستويات دون الآخر ومن حيث وجود

السدميه المضيئة والمادة الحاجبة فى المستوى المركزى . والسحب النجوميه التى توجد فى النطاق المجرى المعروف بسكة التبانة تشبه مثيلاتها فى الانظمة الحلزونيه الأكثر تحللا .

والجموع المحلية فى نظامنا تشبه التجمعات الأصغر التى ترى فى الأذرعة الحلزونية لكثير من السدائم اللامجرية . وهذا ماحدا ببعض العلماء الى الظن بأن نظامنا المجرى سديم حلزونى ولكنه ربما كان أقرب شبها بالسحابة المجلانيه الكبرى . ويبدو محققا أن السدائم اللامجريه أنظمه كاملة ولهذا يمكن اعتبارها (جزائر كونيه) كما يعتبر نظامنا المجرى قارة كونيه ومتوسط البعد بينها — فيما عدا المجموع السديميه — هو نحو ٢ مليون سنه ضوئية وقد تثبت الأبحاث مستقبلا أن نظامنا المجرى لا يختلف كثيرا من حيث الحجم عن بعض السدائم اللامجرية .

وتدل أبحاث هبل على أن السدائم اللامجرية قد تكونت على نسق واحد ، وأنها فى أولى مراحلها كروية الشكل ومع الدوران والانكماش الناشىء من تهايل المادة نحو المركز يصير شكلها بيضيا ثم حلزونيا . فمن المعروف ان أى جسم غازى قليل الكثافة كلما زادت سرعة دورانه تغير شكله من الكروى الى البيضى المنبسط عند القطبين . ويزداد هذا الانبطاح بازدياد السرعة ، ويبدو ذلك واضحا فى حالتى الأرض والمشترى بمقارنة انبعاجهما عند القطبين بانبعاج الشمس عند القطبين ، فالأرض تتم دورة كاملة حول نفسها فى ٢٤ ساعة والمشترى فى عشر ساعات بينما الشمس تتم دورة كاملة حول نفسها فى ٢٦ يوما وانبعاج الأولين أكبر من انبعاج الشمس عند قطبيها .

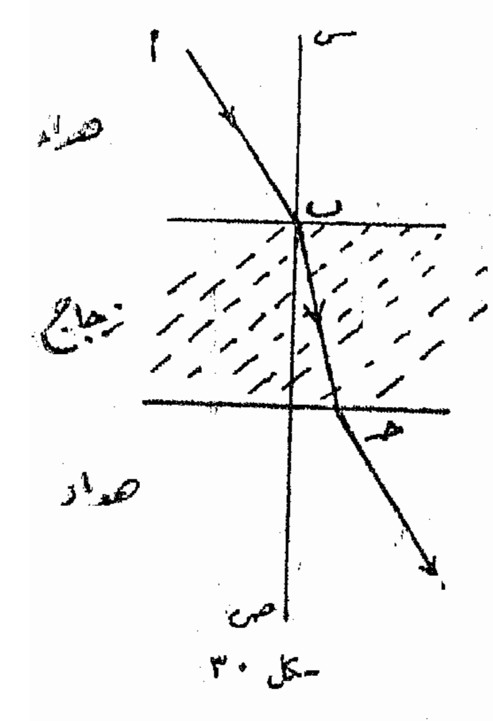
الباب الثامن

المنظار

المنظار هو أهم آلات الرصد الفلكية . وكان أول من صنع منظارا (لبرشى) ومن بعده بعامين العالم البريطانى الشهير جاليو وقد رأى به أقمار المشترى وحلقات زحل وتشكل الزهرة وكلف الشمس وغيرها من الأجرام السماوية بصورة لم تكن معروفة من قبل . واتخذ من بعض مشاهداته أدلة علمية قوية تعزز ما ذهب اليه كبرنيق من قبل من أن الأرض ليست سوى سيارا تدور حول الشمس كأخواتها عطارد والزهرة , وغيرهما

والمنظار الفلكى على نوعين رئيسين : الأول ذو العدسات . والثانى ذو المرايا ، ولا يرى الأخير عادة إلا فى المراصد .

المنظار ذو العدسات :



شكل ٣٠

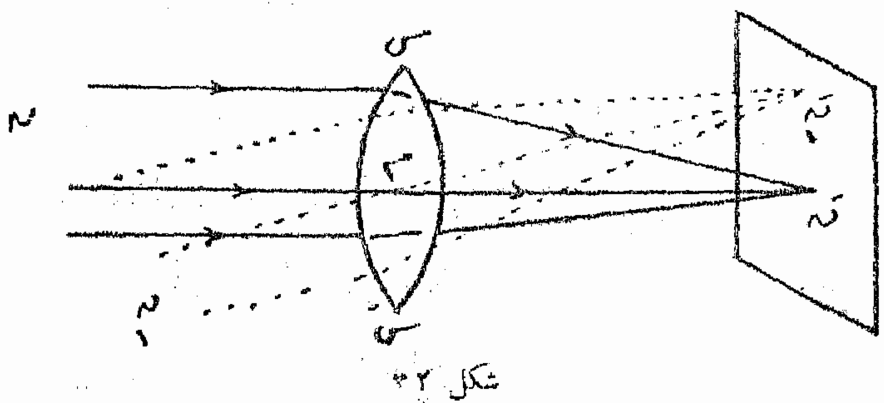
من خواص الضوء المعروفة أنه عندما يمر شعاع من الضوء خلال جسم شفاف كالزجاج مثلا فانه ينحرف عن اتجاهه الأصلى طبقا لقانون خاص فى علم البصريات . فالشعاع اب الذى يمر فى الهواء ويقع على قطعة من الزجاج سطحيها متوازيين ينحرف عن اتجاهه الأصلى

داخل الزجاج ويرسم المسار المبين بالخط ب حـ ، بحيث أنه لو رسمنا العمودي على السطح عند ب وهو س ص فإن ب حـ يقع في المستوى ا ب س ، وفضلا عن ذلك فإن ثمة علاقة ثابتة بين زاوية السقوط ا ب س وزاوية الانكسار حـ ب ص لأي وسطين كالهواء والزجاج مثلا .

ونجد أيضا أن الشعاع بعد خروجه يكون موازيا لمساره الأصلي ا ب إذا كان سطحي الجسم الشفاف متوازيين .

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الانكسار ، وتخضع لقوانينها السالفة الذكر كيفية مرور الأشعة الضوئية في العدسات ذات السطوح الكرية وتجمع الأشعة في نقطة معينة بعد خروجها من العدسات . وهي أساس صناعة المنظار ذو العدسات .

ونظرا لأن النجوم تبعد عنا بمسافات شاسعة فإنه يمكن اعتبار أن الأشعة التي تقع على سطح عدسة مثل س س حزمة متوازية ولذلك فأن الأشعة التي تأتي من نجم بعيد مثل ن تتجمع بعد مرورها خلال العدسة في نقطة نَ هي



شكل ٣٢

صورة النجم ن فاذا كان م نَ (م مركز العدسة) ينطبق على الخط الواصل بين مركزي سطحي العدسة الكرويين فإن البعد م نَ يسمى البعد البوري .

ولو وضعنا زجاجا فوتوغرافيا على هذا الخط عند ن فأنه يرسم النجم ن وغيره من النجوم القريبة منه ، لأن النجوم نظرا لبعدها الشاسع تعتبر متساوية البعد عنا ، ولذلك تأتى الأشعة من كل منها على شكل حزم ضوئية فتتجمع بعد مرورها فى العدسة عند البعد البورى .

وتتوقف خواص الصورة على مساحة العدسة الشيئية ، أو بعبارة أخرى على مربع القطر س سَ ، وأهم خاصية للعدسات هى قدرتها على تجميع الأشعة الضوئية التى تتناسب اضطرادا مع كبر العدسة . فالعدسة التى قطرها ١٢ بوصة مثلا قدرتها على تجميع الضوء تعادل أربع مرات قدرة عدسة قطرها ٦ بوصة

ويلاحظ أن الزاوية التى بين الصورتين نَ ، ن١ عند م هى نفس الزاوية التى بين النجمين ن ، ن١ ولذلك فانه كلما كان البعد البورى للعدسة كبيرا كانت المسافة التى بين صورتى نجمين كبيرة . والعين عبارة عن عدسة تجمع الأشعه الضوية من أى جسم مضىء على الشبكة الحساسة . ويتكون المنظار ذو العدسات من عدسة كبيرة تسمى الشيئية تجمع الضوء المتشعع من النجوم ، وبعد مروره خلالها يتجمع فى بؤرتها ، وعدسة أخرى تسمى العينية توضع بحيث تنطبق بؤرتها على بؤرة الشيئية ، ولذلك فأن الأشعة المتجمعة فى البؤرة المشتركة تخرج بعد مرورها خلال العينية على شكل حزم ضوئية متوازية فتقع على العين ، وهذه تجمعها مرة أخرى على الشبكية فتحدث الأحساس بالرؤية .

ولما كان قطر عدسة العين هو $\frac{1}{4}$ بوصة على الأكثر نجد أن المنظار الذى قطر شيئيته بوصة واحدة تبلغ قدرته على تجميع الضوء تسعة مرات قدرة العين المجردة ، ولهذا يمكننا نظريا أن نرى به نجوم ضوؤها $\frac{1}{4}$ ضوء أخفت

النجوم التى ترى بالعين المجردة وهذه هى وظيفـــة المنظار .

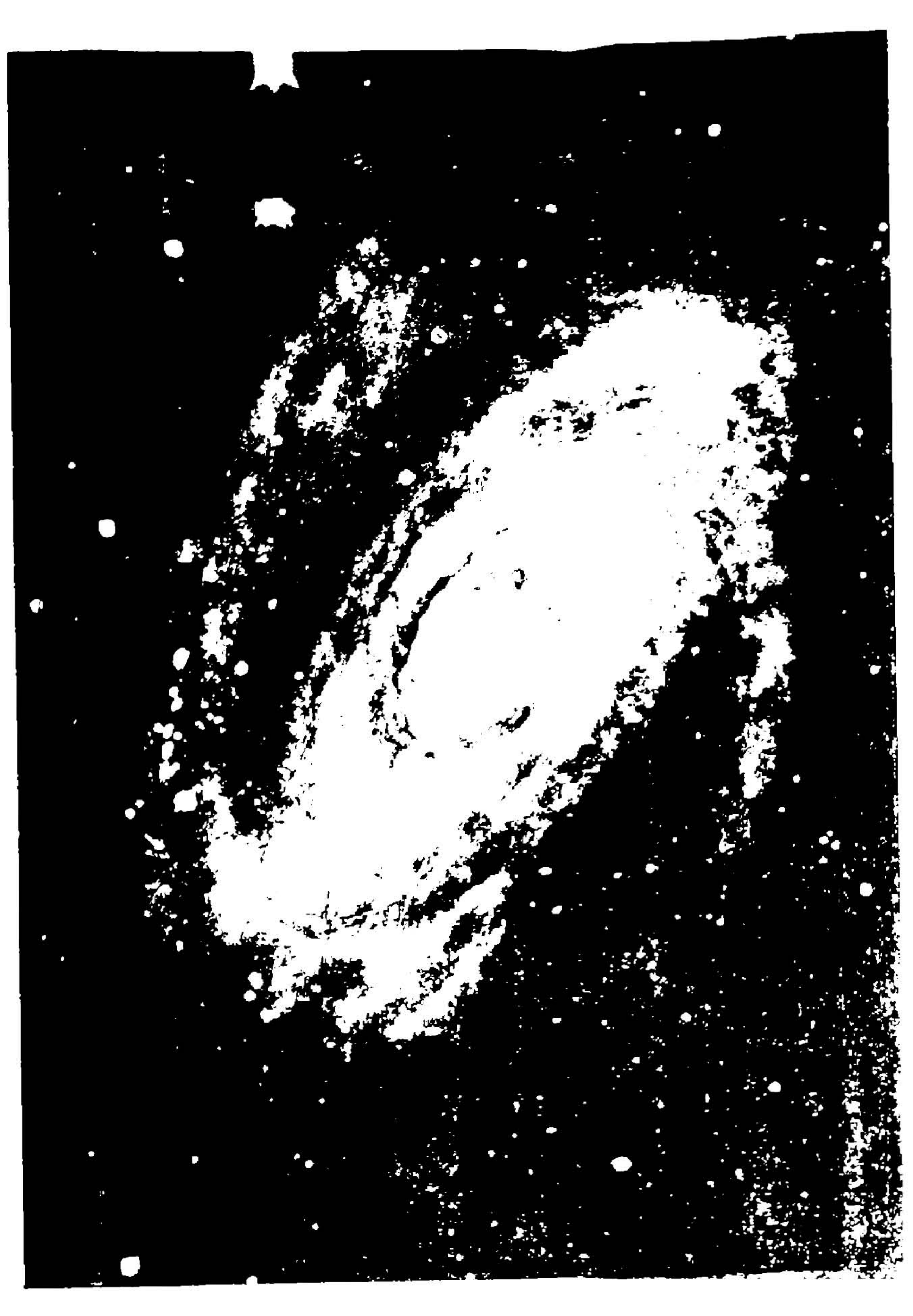
قوة تكبير المنظار :ـ تقدر قوة تكبير المنظار بخارج قسمة البعد البورى للشيئية على البعد البورى للعينية ، ولهذا فان من الممكن تغيير قوة تكبير المنظار ذو العدسات بتغير العينية وهو ما يتبع عادة .

المنظار العاكس : أول من ابتكر هذا النوع من المناظير هو العالم الشهير اسحاق نيوتن ولقد صنع بنفسه واحدا من هذا النوع .

وتستخدم فى هذا النوع المرايا بدلا من العدسات ، فتوضع مرآة كرية كبيرة مقطعها قطع مكافىء تعكس ضوء النجوم البعيدة — والتى تأتى على شكل حزم ضوئية متوازية — فتتجمع الأشعة بعد الانعكاس فى بؤرة المرآة. وفى الطراز النيوتونى توضع مرآة أخرى أصغر مستوية مائلة على المحور الرئيسى للمرآة الكبرى بزاوية مقدارها ٤٥° ناحية البؤرة وتثبت فيما بين المرآة الكبرى وبؤرتها ووظيفة هذه المرآة أن تعكس الضوء ثانية وقبل تجمعه فى بؤرة المرآة الكبرى. ويتجمع بعد الانعكاس الثانى فى مستو تثبت فيه العينية لرؤية الجرم السماوى أو الزجاج الفوتوغرافى لرسمه .

ويبين شكل (٣٢) الأجزاء الرئيسية للمنظار العاكس واتجاه الأشعة الضوئية فالشعاعين جـ د ، هـ و من نجم ما يقعان على المرآة الكبرى م، ثم ينعكسان فى الاتجاهين ذ ب ، و ب وقبل أن يتلاقيا فى بؤرة

شكل ٣١



الســـديم الحلزونى ، مسيه ٨١ ، فى كوكبة الدب الأكبر
وترى النجوم متكثفة فى الأزرعة



ســـديم المرأة المسلسلة

المرآة الكبرى ب ينعكسان انعكاسا ثانيا على المرآة الصغيرة ص م وتتلاقى الأشعة فى نقطة ع حيث توضع العينية أو الزجاج الفوتوغرافى . ومن الممكن أيضا تغيير البعد البؤرى للمرآة الكبرى بطرق معينة .

والمنظار العاكس الموجود حاليا بمرصد حلوان من هذا الطراز ، ويبلغ قطر مرآته الكبرى ٣٠ بوصة . وأكبر منظار عاكس فى العالم هو المنظار الذى أقيم أخيرا فى بلدة بالومار بأمريكا . وقد استغرق صنعه سنوات كثيرة ويبلغ قطر مرآته الكبرى مائتين بوصة ووزنها ١٤٫٥ طن .

وهناك طراز آخر للمناظير العاكسة يفضل استعماله فى الأرصاد الطيفية ويسمى طراز كاسيجرين، ويختلف عن الطراز النيوتونى فى أنه توجد فى المرآة الكبرى فتحة تنفذ خلالها الأشعة الضوئية المنعكسة على مرآة صغيرة كروية (بدلا من المستوية فى المنظار النيوتونى) وتتجمع خلف المرآة الكبرى .

والمناظير الكبرى الحديثة تجمع بين الطرازين لتحقيق الأغراض المختلفة فى الارصاد الفلكية .

المطياف

من المعروف أنه عندما يمر شعاع من الضوء داخل منشور من الزجاج فان سرعة الضوء تقل فى داخل المنشور نسبيا عن سرعته فى الهواء فينحنى أو ينكسر نتيجة لذلك، ويزيد الانكسار كلما قصرت طول الموجة .

وعلى ذلك فأن مسار مركبات الضوء داخل المنشور يتوقف على أطوال موجاتها وعند خروج الأشعة من المنشور تتحلل

أحمر

بنفسجى

(شكل ٣٢) مطياف منشورى

الى مركباتها من الألوان المختلفة ويأخذ كل لون اتجاها خاصا . ولأجل هذا يستعمل المنشور الثلاثى المقطع فى أحداث الأطياف لأن الأشعة الضوئية تنكسر داخله مرتين (شكل ٣٢) وبعد خروجها من المنشور تكون الأشعة البنفسجية فى نهاية الحزمة ناحية قاعدة المنشور والحمراء فى النهاية الأخرى .

والطريقه الثانيه لأحداث الاطياف هى بجعل المركبات المختلفة تتبع مسارات مختلفة بدون وضع وسيط جديد فى اتجاه الأشعة باستخدام الخاصة المعروفة بتداخل الضوء . ويستعمل لهذا الغرض المحزوز الحيدى ويتكون من عدد كبير من سطوح غاية فى الصغر . وهذه السطوح إما شفافة أو ذات قوة عاكسة كبيرة يفصل الواحد منها عن الآخر سطوح ضيقه وتصنع امثال هذه المحزوزات بعمل خطوط متوازية عديدة على سطح زجاج صاف أو سطح معدنى مصقول ، بحيث تكون المسافات التى بين كل اثنين منها واحدة ويبلغ عدد هذه الخطوط عادة من ١٥٫٠٠٠ الى ٢٠٫٠٠٠ خط فى البوصة الطولية .

ولما كانت سطوح الخطوط خشنة نسبيا وغير منتظمة نجد أنها تمتص أو تشتت الضوء الذى يسقط عليها بينما يمر خلال السطوح الأخرى التى بينها أو ينعكس عليها حسب خاصية المواد المصنوع منها المحزوز والنتيجة فى الحالتين أن الضوء بعد مروره من المحزوز ينقسم إلى عدد كبير من مخروطات ضوئية صغيرة فى جميع الاتجاهات ولو أننا نظرنا إلى هذه الاشعة من أى اتجاه لوجدنا أن جميع الاشعة — ما عدا أشعة ذات طول معلوم يحدده الاتجاه الذى ننظر منه — يمحو بعضها البعض ، وبعبارة أخرى لانرى من اتجاه معين سوى لون معين . فلو أن لونا ما لا يوجد فى الشعاع الاصلى فانه لا يرى فى اتجاهه المعين وهكذا يتكون الطيف .

وهناك نوع آخر من المحزوزات يستغنى فيه عن كل من المنظار أو العدسة اللامه ويسمى المحزوز المحدب وهو من النوع العاكس وقد رسمت السطوح فيه على سطح محدب بدلا من سطح مستو .

وقوس قزح المعروف نوع من الطيف لضوء الشمس يتكون من تجمع نقط فى السحب، ولكنه ليس طيفا كاملا كالذى يتكون بالمطياف وهو من النوع المعروف بالطيف المستمر، والطيف المستمر الذى يمكن الحصول عليه بواسطة مطياف فى المعمل يتكون من حزمة مستقيمة من الألوان المختلفة تبدأ من إحدى نهاياتها بالأحمر فالأرجوانى فالأصفر فالأخضر فالأزرق ثم البنفسجى وتتمثل فيه جميع الموجات على اختلاف أطوالها بخطوط تتداخل فى بعضها وتتكون الحزمة المستمرة .

ويمكن الحصول على الطيف المستمر من أشعاع أى جسم صلب أو سائل بصرف النظر عن تركيبه الكيميائى .

ومن المعروف أننا لو رفعنا درجة حرارة قطعة الحديد فأننا فى بادىء الأمر لا نكاد نحس أى تغيير فى حالتها . ومع ذلك فأننا نعلم أن الحرارة تتشعع منها ، ونستطيع أن نتحقق بواسطة الطيف من أن الأشعاع يحدث بالفعل بموجات أثيرية أطول من أن تحدث الأحساس بالرؤية وبوسائل خاصة يمكننا التحقق من وجود ابتداء طيف مستمر فى منطقة ما تحت الأحمر، وكلما ارتفعت درجة الحرارة تدريجيا لاحظنا فى المطياف أنه : —

(١) تزيد كمية الإشعاع من كل نوع باستمرار

(٢) كلما زادت درجة الحرارة ظهرت فى الطيف خطوط الموجات الاقصر طولا

أما الأولى من هاتين النتيجتين فسببها ازدياد كمية الحرارة .

وأما الثانية فتوضح أن قطعة الحديد عندما بلغت درجة حرارة معينة أصبحت تشع أشعاعاقصيرا قصرا كافيا لأحداث الأحساس بالرؤية ونراها بعد ذلك ذات لون أحمر فالطيف المستمر يتمدد حتى يبلغ ابتداء نطاق الرؤية

وكلما ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك تتشعع الموجات الأقصر طولا للأرجوانى ثم الاقصر منها للأصفر تباعا وتغلب على اللون الأحمر فنرى قطعة الحديد بهذين اللونين مجتمعين، وهكذا لموجات الأخضر والأزرق، وبما أن قطعة الحديد لاتزال تشع الأشعة الحمراء والصفراء فأننا لا نراها ذات لون أخضر أو أزرق بل بمحصلة هذه الألوان جميعها وهو الأبيض ومع ارتفاع درجة الحرارة فوق ذلك يتشعع البنفسجى ومافوق البنفسجى .

وتنطبق هذه الحالة على أى جسم آخر صلب أو سائل طالما كانت درجة الحرارة أدنى من درجة تبخره ، فالطيف المستمر إذن ليس خاصية تميز نوع المادة المشعة للضوء أو تميز تركيبه الكيميائى وإنما هو صفة لحالتها الطبيعية
أما إذا كان مصدر الضوء غازا أو بخارا مضيئا فأننا نجد أن طيفه يختلف عما سبق ، فعدد الموجات محددة ويتكون طيفه من خطوط متفرقه تتفاوت قوة يفصلها عن بعضها مسافات مظلمة ، وكل خط منها هو عبارة عن صورة الفتحة التى ينفذ من خلالها الضوء فى المطياف، وموضع كل من خطوط الطيف هقياس لطول الموجه التى تكونه .

فالطيف الخطى إذن يبين نوع المادة التى تشع الضوء وحالتها الطبيعية فمادتان غازيتان مختلفتان من حيث التركيب الكيميائى مشعتان للضوء يكون طيفهما خطين غير متطابقين

وهكذا نجـــد أنه يمكننا تعين العناصر الكيميائية لأى مادة بدراسة أشعاعها فى المطياف بعد رفع درجة حرارتها الى درجة التبخير

وتوجد ثلاثة طرق للحصول على الطيف الخطى للمواد وهى : (١) اللهب (٢) القوس (٣) الشرارة الكهربائية . والطيف الناتج من القوس لأى مادة هو نفسه الذى يتكون من اللهب من حيث خواصه الرئيسيه مع وجود خطوط إضافية ، وكذلك الطيف الذى يتكون من الشرارة الكربائية لا يختلف عن طيف القوس إلا فى احتواء الأول على خطوط إضافية أخرى كما أن بعض الخطوط فى الأول تكون أضعف من مثيلاتها فى الثانى وقد يختفى بعضها . أما الخطوط التى تكون فى طيف الشرارة أقوى منها فى طيف القوس فتسمى الخطوط التأثيرية أو الانفعالية

ومع ذلك فليس الطيف الخطى النتيجة الوحيدة الطيفية لأشعاع غاز فقد يكون الطيف حزمة ضوئية لطيف مستمر محددة عند أحد طرفيها أو عند كليهما، وقد تضعف أحيانا قوتها تدريجيا. ولو اننا كبرنا الحزمة تكبيرا كافيا لوجدنا أن الحزمة مكونة من عدد كبير جدا من خطوط متلاصقة ومرتبة بأنتظام، وينشأ طيف الحزمة من أشعاع أبخرة المركبات الكيميائية بوجه عام ومن أشعاع بعض العناصر الكيميائيه فى ظروف خاصة .

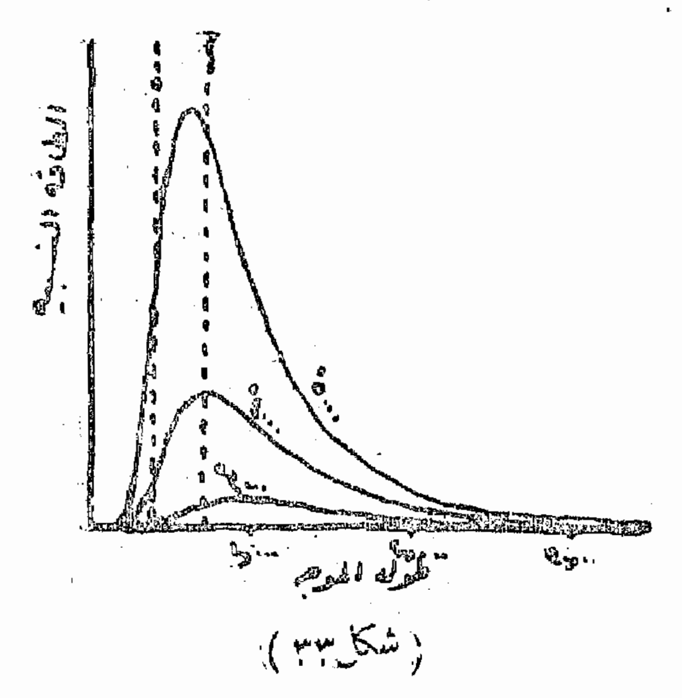
والثلاثة أنواع السالفة الذكر للطيف وهى الطيف المستمر والطيف الخطى وطيف الحزمة جميعها أطياف أشعاع

وهناك نوع آخر من الطيف يسمى طيف الامتصاص، وينشأ من وجود جسم آخر شفاف أو نصف شفاف فى طريق الأشعاع المستمر فقد

وجد أن هذا الوسيط يمتص أشعة ذات موجات معينة ، ويتكون فى مواضعها من الطيف خطوط مظلمة على وراء طيف مستمر للأشعة الأخرى التى لم تمتص

أما اذا كان الوسيط بين مصدر أشعاع طيف مستمر وبين المطياف بخارا مشعا درجة حرارته أدنى من درجة حرارة المصدر فأن الطيف الناتج يطابق تماما الطيف الذى كان يحدثه الوسيط وحده ولهذا النوع من الطيف أهمية خاصة فى البحوث الفلكية

من ذلك يتضح أن هناك نوعين رئيسين من الطيف (الأول) طيف الأشعاع (والثانى) طيف الامتصاص ، وكل منهما يكون أما مستمر أو غير مستمر، والاخير أما أن يكون خطوطا أو حزمة أو ، كليهما ، ومن تركيب الطيف نستطيع أن نعين التركيب الكيميائى للجسم المشع الذى يكونه وحالته الطبيعية . ومع أننا لا يمكننا الاستدلال على التركيب الكيميائى من طيف مستمر إلا أننا نستطيع معرفة درجة حرارة الجسم المشع من مدى امتداد الطيف فى اتجاه البنفسجى



(شكل ٣٣)

ويوضح (الشكل ٢٣) العلاقة بين طول الموجة وطاقة الأشعاع فى درجات الحرارة المختلفة . ويلاحظ أن طرف الطيف لناحيه البنفسجى لا يتأثر بسرعة مع اختلاف درجة الحرارة، ولذلك فأن استنباط درجة الحرارة من معرفة مدى الطيف لناحية البنفسجى ليست من الطرق الدقيقة ، وفضلا عن ذلك فأن الطيف يضعف تدريجيا فى هذا الاتجاه بحيث يكون من الصعب جدا معرفة نهايته بالضبط فى هذه الناحية

ومن ناحية أخرى نجد عند تطبيق هذه الطريقة فى قياس درجة حرارة النجوم أنه رغم أن درجة حرارتها عالية جدا وأن أشعاعها يمتد كثيرا فى ناحية مافوق البنفسجى فان الهواء المحيط بالارض يحول دون وصول هذه الاشعة كلها إلى المطياف فلا يمر منه إلا أشعة لا تتعدى فى قصر الموجة حدا معينـــا ولذلك نجد أن طيف النجوم المختلفة يصل فى المطيـــاف إلى حدود واحدة .

من أجل هذا لا يمكن استخدام هذه الطريقة لاستنباط درجة حرارة النجوم ، أما الطريقة الثانية لاستنباط درجة حرارة الجسم المشع للضوء فهى بقياس كمية الاشعاع غير أنه عند استخدامها فى قياس درجة حرارة النجوم يجب ملاحظة ما يأتى .

أولا — يفقـــد الأشعاع جانبا من طاقته أثناء مروره من الغلاف الهوائى المحيط بالارض .

ثانيا — تتوقف كمية الطاقة التى تصلنـــا من نجم على مقدار بعده من الارض .

ثالثا — يجب عند المقارنة أن تنسب دائما الى وحدات متساوية من سطوح الأجسام المشعة لانه من المسلم به أن كمية الاشعاع من جسمين درجة حرارتهما واحدة تختلف باختلاف مساحتيهما .

ولما كان عدد النجوم المعروف بعدها من الأرض ومساحة سطحها محدود جدا نجد أن هذه الطريقة بدورها لا يمكن استخدامها عمليا فى تعيين درجة حرارة النجوم بالسهولة التى كنا نتصورها .

ولكننا لو أمعنا النظر فى المنحنيات السالفة الذكر (شكل ٣٣) نجد أن كمية الطاقة عند أى درجة حرارة معينة ليست واحدة فى الطيف كله أى فى الموجات الضوئية المختلفة الطول بل نلاحظ أنها موزعة بحيث أن الجانب الاكبر منها تشعه موجات معينة ذات طول معلوم كما نلاحظ أن الموجات التى تعطى الطاقة الاكبر نسبيا ليست واحدة فى المنحنيات المختلفة بل أن طولها يقل كلما زادت درجة حرارة المصدر المشع .

ولقد وجد ان العلاقة التى تربط طول الموجة التى تحمل اكثر طاقة فى الطيف المستمر ودرجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع دائما ثابتة ويربطها القانون الآتى : —

ل × ت = مقدار ثابت

وفى ذلك ل هى طول الموجة ذات الطول الأكبر بوحدات الانجستروم وهو الوحدة المستعملة فى قياس طول الموجة وتساوى ١٠ $^{-٨}$ من السنتيمتر وهو اسم العالم السويدى ا . انجستروم الذى كان أول من توصل الى المقاييس الدقيقة للموجة الضوئية

أما ت فهى درجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع .

وأما المقدار الثابت فيساوى ٢٩,٤٠ × ١٠ ^{٦}

غير أنه يجب أن نلاحظ أن كمية الاشعاع لا تتوقف فقط على درجة حرارة الجسم المشع بل على طبيعة السطح أيضا فالسطوح المصقولة تشع من الطاقة أقل نسبيا من السطوح غير المصقولة فى درجة الحرارة الواحدة والثابت المذكور هو للاجسام التى تشع أقصى ما يمكن من الطاقة المعادلة لدرجة حرارتها .

ولأجل تطبيق العلاقه المذكورة على النجوم نفترض أن سطوح النجوم هى من النوع الأخير والا كانت درجات حرارتها المستنتجة بهذه الطريقة أقل من درجة حرارتها الحقيقيه . والمعتقد أن اشعاع النجوم يشابه الى حد كبير هذه الحالة المثالية ولذلك فان الأرقام المستنبطة على أساس العلاقة السالفة الذكر لدرجات حرارة النجوم لا تبعد كثيرا عن الحقيقة .

والآن نذكر أننا عند كلامنا على الطيف الخطى قلنا أنه يمكن استنباط التركيب الكيميائى للمصدر المشع من مواقع الخطوط اذ تظهر فى الطيف خطوط تدل على نوع كل عنصر من العناصر الكيميائية التى تحويها مادة المصدر المشع . ولقد وجد أن لبعض العناصر خطا أو خطين تظهر فى الطيف فى ظروف خاصة ولذلك يجب دراسة الشروط الضرورية لحدوث الأطياف المختلفة وتمييز الخطوط الطيفية بقياس أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة .

ولما كان من الصعب جدا قياس أطوال الموجات فى كل مرة بطريقة مباشرة فقد وجد أن من الأسهل عمليا مقارنة الخطوط الطيفية بطيف رئيسى يحتوى على عدد كبير من الخطوط الطيفية المعروف أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة كالطيف القوسى للحديد مثلا . ونظرا لاختلاف ظروف الاشعاع فى النجوم عن ظروف الاشعاع الذى يمكن اصطناعه فى المعامل

نجد أحيانا أن الخطوط الطيفية لبعض العناصر فى بعض النجوم أو السدائم قد لا تكون بالشكل المألوف لاطيافها ، ويحتوى طيف الشمس على عدد كبير من الخطوط لم يعرف الان ما تدل عليه ، ومن المعتقد أنها لمواد فى حالات طبيعية غير مألوفة لنا على سطح الارض فشكل للطيف يتوقف دائما على الحالة الطبيعية للمادة المشعة للضوء فأى تغير من أى نوع ينشأ عنه تغير فى أطوال الموجات المتشععة ويتبع ذلك زحزحة الخطوط الطيفية .

تزحزح الخطوط الطيفية وانقسامها

وهناك عوامل أخرى ينتج عن وجودها زحزحة الخطوط الطيفية وهذه العوامل هى :

أولا — الحركة النسبية بين الجسم المشع للضوء والراصد .

ثانيا — الضغط فى الجسم المشع للضوء .

ثالثا — وجود مجال مغناطيسى .

أما العامل الاول ، فهو ما يسمونه عادة (تأثير دبلر) ولايضاح تأثيره فى زحزحة الخطوط الطيفية ، نفرض أن (م) مصدر اشعاع وص الراصد وس البعد بينهما ولنفرض أن هذا البعد يعادل سرعة الضوء فى الثانية وعلى ذلك تصل الموجات الضوئية من م الى ص فى نهاية الثانية منذ لحظة تشععها من المصدر فلو رمزنا لطول الموجة بالحرف ل وللذبذبة بالحرف ت .

فأن $س = ل \times ت$

فلو فرضنا أن مصدر الاشعاع م يتحرك فى اتجاه الراصد ص بسرعة قدرها سَ تساوى ممَ نجد أن ت من الموجات التى تشع فى ثانية تنحصر فى مسافة قدرها مَ ص بدلا من م ص .

ولكن مَ ص = س — سَ

س

ص مَ م

وعلى ذلك يكون طول الموجة فى هذه الحالة لَ ويكون

$$\frac{\text{لَ}}{\text{ل}} = \frac{\text{س} - \text{سَ}}{\text{س}}$$

$$\text{أو د ل} = (\text{ل} - \text{لَ}) = \text{لَ} \frac{\text{سَ}}{\text{س}}$$

فبقياس هذه الكمية د ل يمكننا استنباط سرعة المصدر المشع فى اتجاه الراصد وذلك بمعرفة قيمة كل من س ، ل .

وتزحزح الخطوط الطيفية لناحية البنفسجى اذا كانت حركة الجسم المشع فى اتجاه الراصد ، وإلى ناحية الأحمر اذا كانت حركة الجسم المشع فى الاتجاه المضاد.

فاذا كانت حركة الجسم المشع بالنسبة للراصد فى غير اتجاه الخط الواصل بينهما فمقدار التزحزح فى الخطوط الطيفية يدل على مركبة السرعة النسبية بينهما فى هذا الاتجاه .

أما العامل الثانى الذى ينشأ عنه تزحزح الخطوط الطيفية فهو من نوع آخر لان الضغط الواقع على المصدر المشع سواء بإدخال غاز آخر أو بضغط

الجسم نفسه المشع ينتج عنه مباشرة أن تصغر المسافات التى بين الذرات نسبيا فيزيد سمك الخطوط الطيفية ، وفى الوقت نفسه تتزحزح مراكزها الى ناحية الأحمر من الطيف ومع ازدياد الضغط يزيد سمك الخطوط الطيفية ويبدأ الطيف الخطى كله يتحول الى طيف مستمر .

أما ظاهرة تأثير الخطوط الطيفية بالمجال المغناطيسى فهو من أهم الظواهر الطبيعية الأساسية فى إيضاح العلاقة بين الضوء والمغناطيسية التى تنبأ بها (لورنتز) نظريا وأبرزها (زيمان) بعد ذلك عمليا بوضع مصدر إشعاع بين قطبى مغناطيس قويين ، ووجد فى بادى الأمر أن الخطوط الطيفية يزيد سمكها ثم تنفلق الى مركبات ، وفى الأحوال العادية وجد أن كلا من الخطوط الطيفيه ينقسم الى مركبتين على جانبى مراكزها متماثلة بالنسبة لموقعه الأصلى قبل ايجاد المجال المغناطيسى ولا يرى الخط الأصلى فى اتجاه المجال المغناطيسى.

ونظرية لورنتز أن الإشعاع نتيجة تذبذب الذرة ، أما تجربة زيمان فقد أثبتت وجود وحدات للمادة أصغر من الذرة نفسها ، وأن الشعاع الضوئى يتكون من موجات تتذبذب فى جميع المستويات المارة باتجاه الأشعه وأنه عند جعل التذبذب فى مستو معين تحدث ظاهرة الاستقطاب المعروفة فى الضوء كنتيجة لذلك ويكون الاستقطاب فى الاتجاه العمودى المستوى الذبذبة أى أن الضوء الذى يحتوى على ذبذبات رأسية يكون مستقطبا فى المستوى الأفقى.

الأطياف النجومية

لا يختلف المطياف المستعمل فى الأرصاد الفلكية كثيرا عن المطياف المستعمل فى معامل الطبيعة والذى سبق وصفه وعند تركيبه على المنظار

تنزع العينية ويوضع المطياف بحيث تقع فتحته على صورة النجم المطلوب رسم طيفه . ونظرا لأن النجوم تبدو صغيرة جدا بسبب بعدها الكبير فى أعماق الفضاء السحيقة فان الخطوط الطيفية لا تكون ذات سمك يسمح بدراستها دراسة دقيقة وقياس مواقعها ولهذا يجب تحريك صورة النجم فى مجال الرؤية حركة بطيئة ذهابا وجيئة مع الاحتفاظ بقدر الامكان بحفظ درجة الحرارة ثابتة أثناء عمل الصورة .

وفضلا عن أن كمية الضوء التى تصلنا من النجوم ضئيلة فان جانبا منها يفقد داخل المطياف ولذا يجب أن تكون مدة تعريض اللوح الفتوغرافى فى عمل الأطياف النجومية طويلة .

ومن دراسة الأطياف النجومية وجد :—

(١) أن الخطوط الطيفية تدلنا على أن العناصر الكيماوية المعروفة على الارض موجودة فى النجوم ولو أنها قد تكون فى حالات طبيعة تختلف عن الحالات المألوفة لنا .

(٢) تقدر نسبة أطياف الامتصـــاص فى اطياف النجوم التى عرفت للآن بنحو ٩٩٪ مما يدل على أن النجوم تتكون من أجسام ضخمة تشع الطيف المستمر ويحيط بها أجواء من أبخرة مشعة للضوء أبرد نسبيا .

(شكل ٣٤) طيف السماك الرامح وطيف التيتانيوم للمقارنة

ولقد حاول الكثيرون تصنيف الأطياف النجومية بطرق مختلفة أهمها تصنيف سيشى وتصنيف مرصدها رفارد الذى بدأه منذ عام ١٨٨٥ تخليدا لذكرى هنرى دريبر ولهذا يسمى تصنيف دريبر .

وطريقة هافارد مؤسسة على اختلاف بعض خطوط طيفية معينة فى الأطياف النجومية من حيث القوة فاذا بدت مجموعة من هذه والخطوط بشكل بارز فى أحد من الأطياف رمز اليه بحرف من الحروف الآتية :

ب ا ف ح ك م

وذلك حسب نوع المجموعة . وقد وجد أن أكثر من ٩٩ ٪ من الأطياف النجومية يدخل ضمن هذه الستة أنواع . أما الباقى فبعضه يرمز إليه بالحرف ں وهناك قسم صغير من النجوم الحمراء يرمز إليـــه بالحرف ر

وبعض الأطياف يمتـــاز بازدياد قوة خطوطه وهى التى يرمز اليها بالحرف و أما أطياف السدائم الغازية فيرمز لها بالحرف ط .

وقد لوحظ أن أطياف النوع الواحد ليست متماثلة تماما فقسمت إلى أقسام فرعية واستعملت الأعداد والحروف الهجائية فى تمييزها ، فالنموذج الطيفى ط له أقسام فرعية هى ط ا ، ط ب ، ط ح ، ط ى وهكذا

أما الأقسام الفرعية التى بين ب ، ك فيرمز إليها بنفس الحروف مضافا إليها أعداد من صفر إلى تسعة .

والجدول الآتى يحتوى على بيان بالنماذج الطيفية النجومية المختلفة ومميزاتها وما تدل عليه من خواص الأجسام المشعة للضوء .

التصنيف الطيفى: هارفارد	التصنيف الطيفى: سيكى	أسماء أخرى	ميزاتها وما تدل عليه	أمثلــة
ط		سديمى	خطوط لامعة للايدروجين وهليوم متأين وعناصر أخرى غير معروفة .	سديم الجبار
و		ولف روايت	خطوط لامعة للايدروجين وهليوم متأين وكربون ونتروجين واكسجين وخطوط أخرى لعناصر غير معروفة .	النجم حـ من كوكبة القلاع
ب		الجبار . الهليوم	خطوط قاتمة للايدروجين والهليوم غالب ، واكسجين وسيلكون متأين ومغنزيوم وكلسيوم .	السماك الأعزل والنجوم ب ، حـ ، ى ، هـ من كوكبة الجبار
ا	١		الايدروجين غالب ، خطوط ضعيفة لمعادن غير متأينه .	الشعرى اليمانية النسر الواقع رأس التوأم المقدم
ف	١-٢	شاميه (١)	خطوط الايدروجين أقل نسبيا من طيف ا وخطوط المعادن أقوى . كلسيوم متأين ذو خطوط قوية .	
حـ	٢	شمس	خطوط معادن قوية بعض خطوط معادن متأينه أهمها الكلسيوم .	الشمس والعيوق

التصنيف الطيفي			مميزاتها وما تدل عليها	أمثلة
هارفارد	سيكي	أسماء أخرى		
ك	٢	راميه (٢)	خطوط أضعف وخطوط المعادن غير المتأينة أقوى عما هي في ح	الدبران ورأس التوائم المؤخر والسماك الرامح
م	٣	عقربيه (٣)	حزمات لأكسيد التيتانيم خطوط غير متأينة .	رأس الجاثي وقلب والعقرب
ر			حزمات طيفية للكربون وخطوط معادن غير متأينة أهمها الكلسيوم	
ن	٤		حزمات طيفية أقوى من السابقة للكربون . طرف الطيف لناحية البنفسجي أضعف	١٩ الحوت ١٥٢ شيلوربه
س			حزمات امتصاص . بعض اكسيد التيتانيم خطوط المعادن غير المتأنية . خطوط قوية للحديد المتأين .	

(١) نسبة إلى الشعرى الشامية (٢) نسبة إلى السماك الرامح

(٣) نسبة إلى قلب العقرب

الباب التاسع

انكسار الأشعة الضوئية وزيغ الضوء

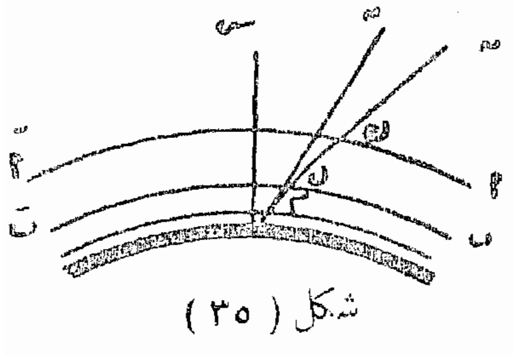
ان اتجاهات الأجرام السماوية التي تعينها آلات الرصد ليست سوى اتجاهات ظاهرية ، فهناك عوامل مختلفة تجعل الاتجاهات التي ترى فيها الأجرام السماوية في السماء لا تطابق بالضبط مواقع هذه الاجرام مثل حركة الراصد بالنسبة لمركز الأرض وحركة الأرض نفسها في الفضاء وانكسار الأشعة الضوئية في الغلاف الهوائي المحيط بها والتغير الناشيء في أحداثيات الاجرام السماوية نتيجة تقهقر الاعتدالين . وسنقصر الكلام هنا على انكسار الأشعة الضوئية المعروف عادة بالانكسار الفلكي وزيغ الضوء الناشيء عن حركة الراصد في الفضاء .

انكسار الأشعة الضوئية

من المعروف أن الأرض يحيط بها غلاف شفاف من الهواء ولذلك فأن الأشعة الضوئية التي تنشع من الأجرام السماوية والتي تكون مساراتها في الفضاء الخارجي خطوط مستقيمة - عند مقابلتها للطبقة الهوائية تنكسر فيها وتميل عن مساراتها الأصليه حسب خاصية الضوء المعروفة بالإنكسار .

ولما كانت كثافة الهواء المحيط بالأرض تختلف باختلاف علوه فوق سطحها وتزيد اضطرادا كلما اقتربنا من سطح الأرض فأن الشعاع الضوئي ينكسر

باستمرار عند خروجه من طبقة إلى طبقة أكثف منها فى اتجاهه نحو الأرض وينحرف دائما نحو العمودى على السطح فى كل مرة .



شكل (٣٥)

فلو فرضنا ن أحد النجوم (شكل ٣٥) والخطوط المتوازية ١ ١َ ، ب بَ تمثل طبقات الهواء فوق الراصد ص ، فالشعاع الضوئى ن ل المنبعث من ن عند دخوله الطبقة الأولى ١ ١َ ينكسر فى الاتجاه الجديد ل ل. وعند مروره فى الطبقة التالية الأكثف من الأولى نسبيا ينكسر مرة ثانية ويأخذ الاتجاه ل م، وهكذا حتى يقع على عين الراصد فيرى النجم نَ أخيرا على امتداد الخط الأخير من الخط المنكسر أى فى الاتجاه ص نَ بدلا من ص ن. ونظرا لتعدد طبقات الهواء المختلفة الكثافة، فمسار الضوء داخل الطبقة الهوائية يكون منحنيا والزاوية التى بين الاتجاه الحقيقى للنجم واتجاهه الظاهرى تسمى « الانكسار الفلكى » ويزيد اضطرادا مع البعد السمتى للنجم ويبلغ أقصاه (حوالى نصف درجة) عندما يكون النجم على الأفق وينعدم عندما يكون النجم فى سمت الرأس .

ولما كان مقدار الانكسار فى الضوء يتغير بتغير حالة الغلاف الهوائى من حيث الحرارة والضغط الجوى فقد وضعت جداول كثيرة لاستنباط الانكسار الفلكى لأى نجم إذا عرف بعده السمتى ودرجة الحرارة والضغط الجوى وأهم هذه الجداول جداول تشمبرز Champers وجداول مرصد بلكوفا . والجدول الآتى مأخوذ عنها ، والعامود الثانى هو الانكسار الفلكى المتوسط عند درجة حرارة ٥٠ ° فهرنهت وضغط جوى ٣٠ََ والعامودين الآخرين ، التغير فى الانكسار الناشىء عن تغير الحرارة والضوء

البعد السمتى الظاهرى	متوسط الإنكسار	التغيير في	
		١٠° فهرنهيت	١" بوصة زئبق
١°	١ر٠٢	— ٠ر٠٢	+ ٠ر٠٣
٥	٥ر٠٩	— ٠ر١٠	+ ٠ر١٧
١٠	١٠ر٢٧	— ٠ر٢١	+ ٠ر٣٤
٥١	١٥ر٦٠	— ٠ر٣١	+ ٠ر٥٣
٢٠	٢١ر١٩	— ٠ر٤٢	+ ٠ر٧٢
٢٥	٢٧ر١٥	— ٠ر٥٤	+ ٠ر٩٢
٣٠	٣٣ر٦٠	— ٠ر٦٥	+ ١ر١٥
٣٥	٤٠ر٧٥	— ٠ر٨٠	+ ١ر٣٨
٤٠	٤٨ر٨٢	— ٠ر٩٦	+ ١ر٦٦
٤٥	٥٨ر١٦	— ١ر١٤	+ ١ر٩٧
٥٠	١ ٩ر٣	— ١ر٤	+ ٢ر٣
٥٥	١ ٢٣ر٠	— ١ر٦	+ ٢ر٨
٦٠	١ ٤٠ر٥	— ٢ر٠	+ ٣ر٤
٦٥	٢ ٤ر٢	— ٢ر٤	+ ٤ر٣
٧٠	٢ ٢٨ر٦	— ٣ر١	+ ٥ر٤
٧٥	٣ ٢٢ر٩	— ٤ر٣	+ ٧ر٣
٨٠	٥ ١٩ر٠	— ٦ر٥	+ ١ر٩
٨٥	٩ ٥١ر٤	— ١٢ر٩	+ ٣٠ر٣
٩٠	٣٤ ٣٢ر١	— ٦٨ر٦	+ ٧٦ر٥

زيغ الضـــوء

اكتشف هذه الظاهرة الفلكى الإنجليزى برادلى عام ١٧٢٥ عندما كان يحاول تحقيق الإختلاف الظاهرى لمواقع النجوم الناشىء عن دوران الأرض حول الشمس . وكان قد اختار لتحقيق ذلك أخذ أرصاد زوالية لنجوم قريبة من سمت رأسه من بينها النجم (حـ التنين) وذلك لتفادى الأخطاء الناشئة من انكسار الضوء .

وبدأ برادلى أرصاده فى ديسمبر وسرعان ما تبين أن اتجاه هذا النجم ينحرف باضطراد نحو الجنوب وأن الانحراف قد بلغ أقصاه فى مارس ومن ثم بدأ الانحراف يعكس اتجاهه أى نحو الشمال وأخذ انحرافه شمالا يزيد اضطرادا حتى بلغ أقصاه فى سبتمبر . ووجد أن الفرق بين أقصى الاتجاهين هو ٤٠ً . وبدراسة التغير فى مواقع هذا النجم أدرك برادلى أن مثله لا يمكن أن يعزى الى حركة الأرض حول الشمس وإلا كان اتجاه التغير فى موقع النجم فى اتجاه الشمس دائما ، بينما أن هذه الأرصاد تدل على أن اتجاه التغير فى الإتجاه العمودى على اتجاه الشمس . فالمطلع المستقيم للنجم (حـ التنين) هو ١٨ ساعة تقريبا ولهذا يعبر خط الزوال فى ٢١ مارس عندما تكون الشمس على الأفق شـــرقا . فلو كان هذا التغير ناشئا عن دوران الأرض لوجب أن يكون الانحراف فى ذلك الحين إلى الشرق بدلا من الجنوب ، وإلى الغرب بدلا من الشمال فى سبتمبر

وفى عام ١٧٢٩ نشر برادلى تفسيرا لهذه الظاهرة فعزا مثل هذا التغير فى موقع هذا النجم الى سرعة الراصد فى الفضاء المكتسبة من وجوده على

أرض متحركة وإلى كون الضوء المنبعث من النجم له سرعة محدودة ، وأثبت على أساس نظرية نيوتن عن طبيعة الضوء أن الاتجاهات الظاهرية للنجوم هى محصلات هاتين السرعتين فالنجوم تبدو للراصد على الأرض كما يبدو رذاذ المطر لمسافر فى قطار مائلة على الخط الرأسى .

ولإيضاح ذلك نفترض أن م أحد النجوم ، ع عين الراصد ، ع عَ ل اتجاه حركة الراصد فى الفضاء ، ولنفرض أن سرعة الراصد فى الفضاء س يمثلها الخط ع عَ وسرعة الضوء من النجم ص يمثلها الخط م ع . فإذا رسمنا متوازى الأضلاع ع عَ م مَ فإن الاتجاه الذى يرى فيه النجم م هو محصلة هاتين السرعتين، أى الخط ع مَ . والانحراف الناشىء عن زيغ الضوء هو إذن الزاوية م ع مَ .

شكل (٣٦)

فإذا فرضنا أن الزاوية م ع ل = ا والزاوية مَ ع ل = اَ فمقدار الانحراف = ا − اَ وتطبيقا لقوانين الحركة نجد أن

$$\frac{\text{حا}\,(\text{ا} - \text{اَ})}{\text{حا ا}} = \frac{\text{س}}{\text{ص}} \quad \text{أى أن حا}\,(\text{ا} - \text{اَ}) = \frac{\text{س}}{\text{ص}}\ \text{حا اَ}$$

وتسمى الزاوية اَ اتجاه حركة الأرض (Way Earths) و $\frac{\text{س}}{\text{ص}}$ معامل زيغ الضوء ومقداره صغير جدا لأن سرعة الضوء ص = ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية وسرعة الأرض فى مدارها = ١٨ ½ ميل فى الثانية

ويبلغ زيغ الضوء للنجوم العمودية على اتجاه حركة الارض ٢٠ر٤٧ ثانية قوسيه . وبما أن اتجاه حركة الأرض دائب التغير نجد أن زيغ الضوء لأى نجم يتغير بمرور الأيام أثناء السنه بحسب موقعه من سطح الكرة السماوية ، فالنجوم التى عند قطب الدائرة الكسوفيه حيث اتجاهاتها عمودية على اتجاه حركة الأرض يكون زيغ الضوء لها ثابت المقدار ولكن اتجاهه متغير على الدوام . أما النجوم التى فى مستوى الدائرة الكسوفية فتبدو مواقعها تتذبذب فى خط مستقيم طوله ٤١ ثانية قوسية . والنجوم التى فى غير هذين الاتجاهين يتغير زيغ الضوء لها حسب مقدار عرضها السماوى .

❖❖❖❖ ❖ ❖❖❖❖

الباب العاشر

نظريات كونية

تطور السدائم — النجوم المزدوجة — النجوم العمالقة والأقزام.
— مولد الأرض وأخواتها السيارات — عمر الأرض

رأينا فى الفصول السابقة أن الكون يحتوى على عدد كبير من أنظمة كونية يفصل الواحد منها عن الآخر مسافات شاسعة حتى بالنسبة لحجومها الكبيرة . وكأن هذا الكون محيط عظيم قد برزت فوق مستوى سطح الماء فيه جزائر هنا وهناك ذات مساحات مختلفة ، أكبرها فيما يبدو الآن النظام المجرى الذى يشتمل على النجوم التى نراها ومن بينها الشمس وتوابعها ، ومن أجل هذا يشبه بقارة كونية فى هذا النموذج للكون .

أما الأنظمة الأخرى فهى السدائم الخارجة عن المجرة . وقد تكلمنا عنها وعن النظام المجرى آنفا من الناحية الفلكية . وسنعرض هنا لبعض النظريات الكونية عن كيفية نشوئها وتطورها ، ولكن يجب أن نذكر بادىء ذى بدء أن هذه النظريات ـ لحداثة عهدها ـ لم تتبلور بعد وأن بعض حلقاتها لا تقوى على النقد برغم ما تبعثه فى النفس من روعة الخيال .

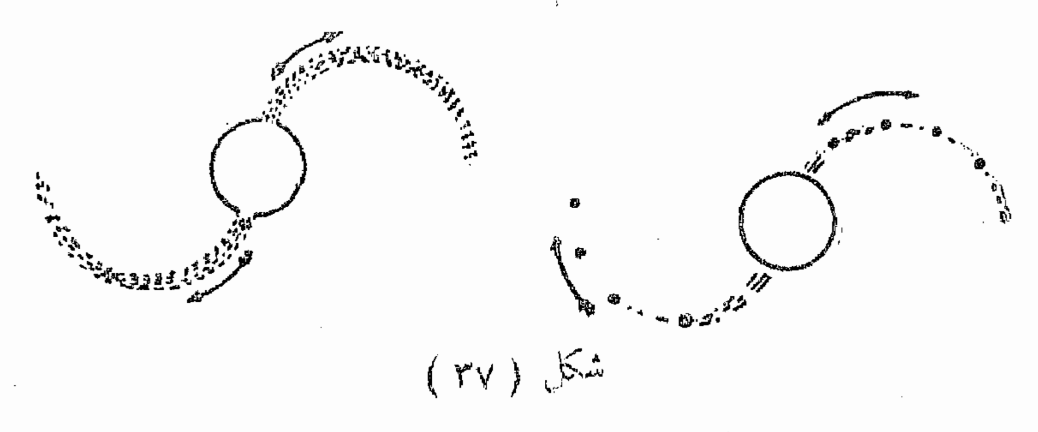
تطور السدائم

يعتقد علمـــاء الكونية وفى مقدمتهم الأستاذ جـــينز أن النجوم تتكون من مادة السدائم . أما العوامل الاساسية لهذا فهى (أ) المادة السديمية الغازيه (ب) خاصية الجاذبية التى أودعها الله فى المواد (حـ) الحركة الدورانية للسدائم المفروض وجودها أصلا . وللفرض الأخير أهميته وبدونه لا تتكون النجوم من السدائم بل يظل كل سديم محتفظا بشكله الكروى وينكمش نتيجة تجاذب مادته وتزيد كثافته اضطرادا

فاذا افترضنا خلق الحركة الدورانية فى السديم فانه ينتج نتيجة لذلك كانبعاج الأرض عند قطبيها ، وفى الوقت نفسه تتجاذب جزيئاته فيقل حجمه ، وكلما زاد انكماشه زادت السرعة الدورانية حسب قوانين الحركة فتزيد تبعا لذلك درجة انبعاجه حتى يصير عدسى الشكل ، فاذا زاد انكماشه عن هذا الحد كان عرضة لانفصال بعض مادته تحت تأثير الجاذبية من جسم خارجى كسديم آخر . فالسدائم رغم المسافات الكبيرة التى تفصل الواحد منها عن الآخر لا يمكن اعتبارها منعزلة كلية .

وتأثير الجسم الخارجى يشبه ما تحدثه الشمس والقمر من المد على سطح البحار فى الارض أما فى السديم فينتج عن هذه القوة الخارجية خروج المادة من طرفى قطرفيه اتجاه الجسم الخارجى، وينثنى شكلها بسبب دوران السديم كما فى (الشكل ٣٧) ، ثم لا تلبث هذه المادة السديميه أن تتكثف نتيجة تجاذب بعض أجزائها . ولا بد أن تكون كمية المادة المنفصلة كبـــيرة كيما يحدث التكثف والا تشتت فى الفضاء ولقد قدر الأستاذ جيـــنز وزن الكتل

المتكثفة على أساس هذا الفرض وفى ضوء القوانين الطبيعية المعروفة ووجد أنها تعادل الأوزان المعروفة للنجوم .



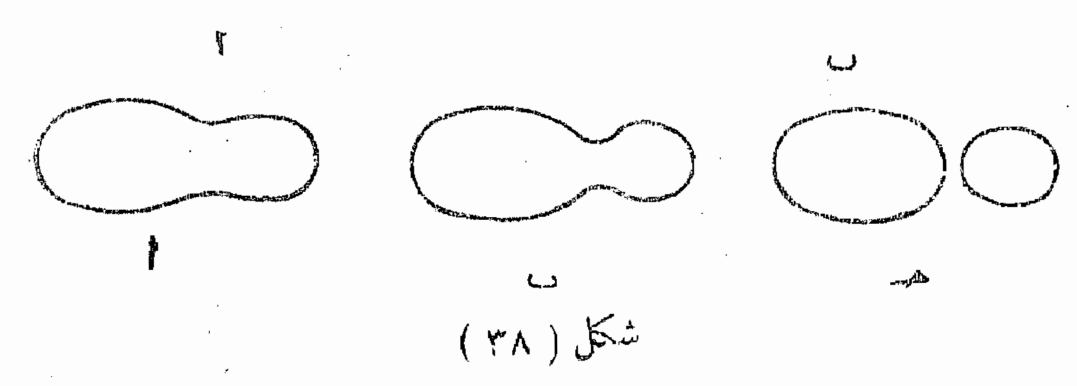
شكل (٣٧)

فى ضوء هذه النظرية ينشأ السديم دوارا ، ونتيجة للدوران والانكماش الناشيء من تجاذب أجزاء مادته ينبعج فيصير بيضيا ثم عدسيا ، وتحت تأثير الجاذبية من جسم خارجى يصير حلزونيا وتتكون النجوم عند أزرعة الحلزون (شكل ٣٧)

فالأشكال المختلفة للسدائم الخارجة عن المجرة هى إذن حلقات التطور للسديم الواحد، ووجودها فى الكون مما يؤيد هذه النظرية . ويمثل نظامنا المجرى فى ضوء هذه النظرية آخر مراحل التطور السديمى حيث تكثفت جل مادته إلى نجوم .

النجوم المزدوجة

أن العوامل السالفة فى تطور السدائم هى نفس العوامل التى ينشأ عنها انقسام النجم الواحد على نفسه . فالدوران والانكماش ينشأ عنهما انبعاج النجم ، وعند ما تبلغ السرعة الدورانية حداً كافيا ينقسم النجم على نفسه تحت تأثير الجاذبية من نجم آخر (شكل٣٨)



شكل (٣٨)

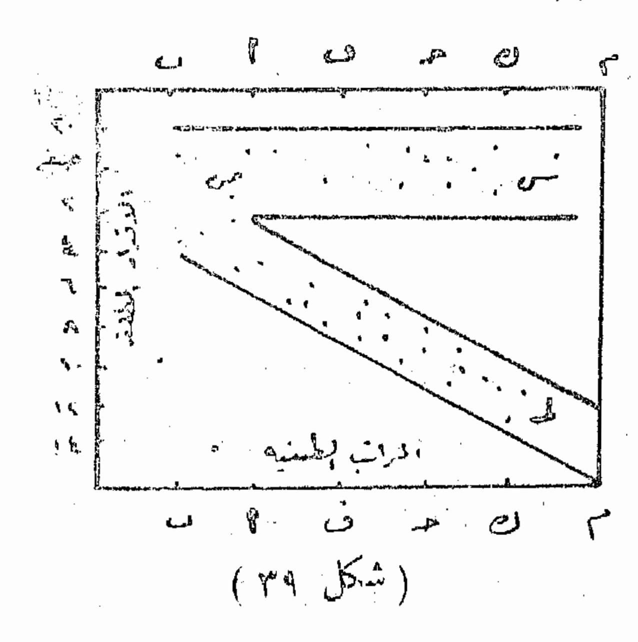
ونظرية جينز فى انقسام النجوم يفترض فيها أن الكثافة فى مادة النجم تبلغ عندئذ ١/٤ كثافة الماء وهى كثافة نجوم المرتبة الطيفية ب ، ولابد أيضا لانقسام أى نجم على نفسه من أن تبلغ السرعة الدورانية حداً كبيراً ، فسرعة الشمس الدورانية أقل بكثير من هذا الحد .

وعند ما ينقسم النجم إلى مركبتين ينشأ عن التأثير المدى لكل واحدة منهما على الأخرى ازدياد البعد بينهما ، ولهذا فالمعتقد أن المزدوجات الطيفية تصبح على مرور الزمن الطويل مزدوجات بصرية.

العمالقة والأقزام

اكتشف هرتسبرنج عام ١٩٠٥ أن نجوم المرتبة الواحدة من المراتب ف ، ج ، ك ، م أما أن تكون نجوم كبيرة تشع الضوء بكميات كبيرة جداً أو صغيرة تشع كميات من الضوء أقل بكثير ، ووجد أنه لا توجد فى نجوم المرتبه الواحدة من المراتب الطيفيه السالفه حالات وسطى ، وأطلق على النوع الأول اسم العمالقه وعلى الآخر الأقزام .

وفى عام ١٩١٣ أوضح رسل هذه الظاهرة برسم بيانى اشتهر باسمه فيما بعد لنحو ثلثمائة نجم من مراتب طيفيه مختلفه (شكل ٣٩) . ويتضح من هذا



(شكل ٣٩)

الرسم أن نجوم المراتب الطيفيه بين ك ، م مثلا أما أن تكون نجوم كبيرة تتراوح أقدارها المطلقه بين — ٢ ، + ٢ أو خافتـه الضياء تتراوح أقدارها المطلقه بين + ٨ ، + ١٤ .

وقد ذكرنا آنفـــا عند كلامنا على أقدار النجوم أنه إذا كان الفرق بين قدرى نجمين خمسة من وحدات الأقدار فأن أحدهما يبلغ فى شدة ضوئه مائة مرة شدة أضاءة الآخر . ومن هذا يتضح أن النجوم العمالقة تبلغ فى شـدة توهجها بالضوء عشرات آلاف المرات شدة اضـاءة الاقزام التى من نفس المرتبة الطيفية . وقد أيدت الأرصاد التى أخذت بعد عام ١٩١٣ هـذه الحقيقة . ويلاحظ أيضا أنه ليس بين نجوم المرتبتـين ب ، ا أقزام بل أن جميعها من العمالقة . وأثبتت الأبحاث على أن كثافة المادة فى العمالقة تقل تدريجيا فى المراتب الطيفية وتبلغ $\frac{1}{10}$ كثافة الماء لعمالقة المرتبة ب . أما فى الأقزام فان الـكثافة تزيد اضطرادا حتى تعادل كثافة الماء فى المرتبة ح وأكثر من ذلك لنجوم المرتبتين ك ، م .

وقد حاول رسل تعليل هذه الحالة فزعم بأن النجوم جميعها تبدأ حياتها كعمالقة من المرتبة الطيفية م حيث تـكون كثافة مادتها أقل من كثافة الهواء ثم تنكمش تدريجيا نتيجة فقدان الطاقة وتأثير الجاذبية ، فترتفع درجة حرارتها حتى تبلغ المرتبة الطيفية ب حيث تبلغ الـكثافة درجة لا تتعـادل عندها

الزيادة فى درجة الحرارة الناشئة من الانكماش مع ما تفقده من الطاقة بالاشعاع فتبرد وتنكمش وتمرفى الاتجاه الطيفى من ب إلى م كواحدة من الأقزام .

غير أن هذه النظرية لم تقو على النقد العلمى بعد اكتشاف الأقزام البيضاء مثل النجم المعروف بقرين الشعرى اليمانية ، حيث تبلغ كثافة المادة فيها مئات المرات كثافة أثقل العناصر الكيماوية المعروفة . وحفز ذلك بعض العلماء وعلى رأسهم الاستاذ أدنجتون إلى دراسة عناصر التوازن فى داخل النجوم .

الإشعاع النجمى

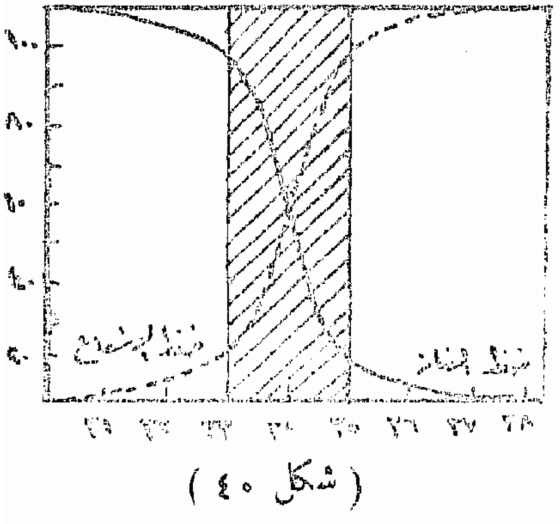
أن الطاقه التى يشعها نجم على شكل ضوء وحرارة تأتى من داخل النجم نفسه حيث تبلغ درجة الحرارة والضغط حدا عظيما ثم تنساب نحو الفضاء شعاعا . ويعزو الأستاذ أدنجتون تعادل القوى عند أية نقطه داخل النجم إلى :

(أولا) القوة نحو المركز وتساوى وزن المادة التى تعلو النقطه .

(ثانيا) القوة إلى الخارج وتتكون من : (ا) ضغط الغاز ويسمى مرونته ويزيد مقدارا بازدياد عدد جزيئاته ودرجة حرارته (ب) ضغط الإشعاع .

وقد وجد أدنجتون بالاستقصاء الرياضى ومن القوانين المعروفة عن الغاز التام أن نسبة ضغط الإشعاع من مجموع القوى التى إلى الخارج تزيد بازدياد الكتلة الكليه المشعة للضوء ، كما أن هناك حداً أدنى لهذه الكتلة

لا تشع عنده الضوء و (الشكل ٤٠) يوضح نتائج بحوث الأستاذ أدنجتون النظرية في هذا الصدد .



(شكل ٤٠)

وقد افترض فيها أن جزيئات مادة النجوم لا تحتفظ بأشكالها المألوفة لنا بسبب الحرارة والضغط الشديدين، وأن الذرات فيها تفقد الكثير من كهاربها ، ولهذا يمكن دراستها بصرف النظر عن تركيبها الكيماوى.

فمثلا عنصر الحديد الذى يساوى وزنه الذرى ٥٦ بالنسبة للإيدروجين وعدد الكهارب فى ذرته ٢٦ يمكننا بفرض تأين ذراته اعتبار الوزن الذرى المتوسط ٥٦ ÷ ٢٦ = ٢ تقريبا . وبالمثل يمكن تقدير الوزن الذرى المتوســـط للعناصر الكيماوية الأخرى فى مادة النجوم . وعلى هذا الأساس قدر أدنجتون نسبة كل من طاقة الإشعاع وطاقة الغاز من مجموع القوة إلى الخارج فى سلسلة كبيرة من كرات غازية وزن الأولى ١٠ جرام والثانية مائة جرام والثالثة الف جرام وهكذا كما هو واضح فى (الشكل ٤٠) فالكرة ٣١ مثلا هى التى وزنها $١٠^{٣١}$ جرام وقارن بين نتائجه النظرية هذه وبين أوزان وأقدار النجوم العمالقة كما حققتها الأرصاد والحساب الفلكى فوجد تطابقا تاما بينهما ، ومع أنه لم يتوقع فى بادىء الامر إنطباق المنحنى النظرى لهذه للعلاقة بين أوزان النجوم الاقزام وأقدارها المطلقة لان المادة فيها أكثف من أن تكون لها خواص الغاز التام الذى أسس عليه بحثه إلا أنه وجد أن هذا التطابق موجوداً أيضـــا وبالفعل فاستنتج فى الحال أن المادة النجومية تظل محتفظة بخواص الغاز التام

رغم ارتفاع كثافة بعضها إلى ما يقرب من ألف مرة كثافة الماء .

وكتلة الكرة ٣٣ تعادل نصف كتلة الشمس ، وكتلة الكرة ٣٥ تعادل خمسين مرة كتلة ، وفيما بين هذين الحدين تتراوح أوزان النجوم المعروفة . ولهذا نستطيع أن نتبين بسهولة سبب إنطفاء السيارات جميعا فكتلة المشترى وهو أكبرها أقل بكثير جدا من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظه بخاصية الاشعاع .

مولد الأرض وأخواتها السيارات

بعد سقوط نظرية مركزية الأرض فى القرن السابع عشر الميلادى بدأ العلماء يفكرون فيما عسى أن يدل عليه هذا التشابه الكبير فى حركة السيارات جميعا — ومن بينها الأرض — ودورانها المستمر حول الشمس ، ومن ثم عن كيفية نشوئها .

وكان (بوفون) أول من زعم بانفصال السيارات جميعا من الشمس . أما كيفية الانفصال التى تخيلها فلم تقو على النقد العلمى . وفى عام ١٨٤٥ زعم (كانت) بنشوء السيارات من سديم بارد ، وتبعه فى هذا الزعم العالم الفرنسى الشهير (لابلاس) .

وفى أوائل هذا القرن دحض كثيرون من العلماء وفى مقدمتهم العالم الانجليزى الشهير (جينز) هذه النظرية ، وأسس نظريته المعروفة بنظرية المد لتفسير كيفية انفصال السيارات والأرض من الشمس .

وقد افترض فى هذه النظرية اقتراب نجم كبير من الشمس فيما مضى من الأزمان الغابرة ، وأن اقترابهما كان كافيا بحيث شاطرته مادة سطح الشمس

عزمه، فارتفعت فى اتجاه النجم الغازى كتلة من مادة سطح الشمس كما يحدث فى حالات المد على سطح الأرض حيث ينحسر الماء بعيدا عن الشاطىء، ولم تلبث بعد ذلك أن خرجت من هذا اللسان الممتد من كتلة الشمس نافورة مستطيلة الشكل من المادة تشبه سيجارا ضخما مدببة عند الطرفين سميكة فى الوسط، وتكثفت هذه الكتلة الملتهبة بعد ذلك فى الفضاء البارد على شكل قطرات منعزلة، كما يتكثف بخار الماء على سطح بارد. وهكذا تكونت السيارات التى اتخذت مسارها منذ بادىء الأمر بفعل الجاذبية من النجم الغازى ولم تعد ثانية إلى أمها الشمس كما يحدث لرذاذ الماء عندما يلقى فيه بحجر لأن حزم كمية الحركة الذى أحدثه اقتراب النجم فى مادة سطح الشمس كان من الكفاية بحيث يحول دون ذلك، فظلت السيارات تدور حول الشمس منذ ذلك الحين وإلى إن يشاء الله، وانطفأ نورها لأن كتلة كل واحدة منها على حدة كانت أصغر من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظها بخاصية إشعاع الضوء بالكيفية التى تتولد بها طاقة الأشعاع فى الشمس والنجوم، وبابتعاد النجم الغازى زال أثر المد على سطح الشمس.

وتأييدا لهذا الغرض نجد أن الكتل الأكبر نسبيا تقع فى الوسط يمثلها المشترى وزحل والأصغر عند الطرفين، والمرجح أن الأخيرة ولدت وهى فى حالة السيولة أو الصلابة بينما كانت الأولى غازية منذ بادىء الأمر.

ثم يأتى بعد ذلك دور الشمس فى التأثير على هذه الكتل بالمد. فتلعب دورا يماثل دور النجم الغازى فى انفصال السيارات من الشمس. وينشأ عن المد الذى تحدثه على سطوح السيارات انفصال الاقمار.

وعلى ضوء نظرية (جينز) هذه تكون الشمس أم الارض وأخواتها السيارات جميعا وجدة الاقمار المختلفة ويعتبر قمرنا ابن الارض.

ويلاحظ أن بعض السيارات لم يعقب قمرا وأن أكبرها كتلة دثرها أقمار .

وتعطينا نظرية المد تفسيرا منطقيا للمميزات الرئيسية في النظام الشمسى وكيفية نشوئه . والاعتراض الأساسى عليها هو فى كونهـا تصوره لنا كنظام استثنائى فى النظام النجومى، فالاقتراب الكبير لنجمـين كالذى يصور حدوثه (جينز) بين النجم والشمس بهـذه الكيفية أمر نادر الحدوث جدا، ولا يقع إلا خلال ملايين الملايين من السنين إلا بافتراض أن المسافة المتوسطة بين النجوم كانت فيما مضى أقل بكثير عما هى عليه الآن .

لقد أثبتت الارصاد الفلكية ان النظام النجومى يحتوى على عدد كبير من النجوم المزدوجة والمضاعفة إلا أن الازدواج فى النجوم يختلف عن النظام الشمسى . فقد وجد (بوس) فى عشر مزدوجات ان النسبة بين كتلتى المركبتين لا تقل عن نسبة ٣٣,٠:١ ووجد (كمبل) أن متوسط هذه النسبة لتسعة عشر مزدوجا هى ٧٩,٠ ، أما النسبة بين كتلة المشترى — وهو أكبر السيارات — وكتلة الشمس فهى كنسبة ٩٥٠٠٠,٠١ إلى ١ ومن اجل هذا فقدت السيارات بعد انفصالها عن الشمس اشعاعها الذاتى ، اما مركبات النجوم المزدوجة والمضاعفة فذاتية الاشعاع .

وعلى أى حال فليس من الممكن الجزم فى الوقت الحاضر بوجود أنظمة أخرى كنظامنا الشمسى ، ولو أن بعض الفلكيين يعزو عدم انتظام الحركة لمركبات بعض المزدوجات إلى وجود أنظمة كوكبية فيها . غير أنه لعدم وجود أدلة إيجابية قوية يجب اعتبار النظام الشمسى فريدا فى نوعه .

عمر الأرض

والآن ماذا عسى أن يكون عمر الأرض ؟

إن كثيرا من معالم سطحها يتغير على مرور الزمن . ولو استطعنا تقدير المعدل الناشىء من عامل معين أمكننا استنباط الزمن الذى انقضى منذ حدوث مقدار معروف من التغيير .

فالأنهار كما هو معروف ، تحمل إلى البحار فى كل موسم من مواسم فيضانها مقادير من الأملاح المذابة من سفوح الجبال عند منابعها مع رواسب أخرى . فأما الأملاح فمعظمها من ملح الطعام الذى يزيد على مرور الزمن فى ملوحة البحار . وأما الرواسب فترسب فى قاعها .

ولقد قدر أن ما تحمله جميع الأنهار من الأملاح يبلغ حوالى خمسة وثلاثين مليون طن فى كل عام . وأن ما تحتويه جميع المحيطات فى العالم منها يبلغ ١٢٫٦٠٠ مليون طن . فلو فرضنا أن معدل الزيادة فى ملوحة البحار مما تحمله إليها الأنهار ثابت على مرور السنين الطويلة الماضية ، نجد أن عمر الأرض يساوى ٣٦٠ مليون سنة على الأقل ، إذ أن ما يعترى السطح باستمرار من تغير يجعل المعدل السالف الذكر ليس ثابتا فى جميع العصور ، ويعتقد علماء الجيولوجيا أن هذا الرقم الذى يمثل معدل ما تحمله الأنهار — حاليا فى السنة — من الأملاح المذابة أكبر من المتوسط فى أثناء العصور الجيولوجية الطويلة المنصرمة ، وبالتالى يكون عمر الأرض المستنبط بهذه الطريقة لا يمثل سوى الحد الأدنى .

أما الرواسب فقد قدر سمكها الكلى بحوالى نصف مليون قدم ، ولقد

لوحظ أنه منذ حكم رمسيس الثانى (منذ ثلاثة آلاف سنة) زاد سمك راسب النيل فى الوجه البحرى بمعدل قدم فى كل خمسمائة سنة ، وعلى ذلك يمكننا أن نستنبط أن عملية الترسيب بدأت منذ ٢٥٠ مليون سنة وهذا الرقم أيضا يمثل الحد الأدنى لعمر الأرض .

ونقطة الضعف فى التقديرين السالفى الذكر هى عدم ثبوت المعدل فى زيادة ملوحة البحار أو كمية الرواسب ، وعدم معرفتنا لمتوسط هذين المعدلين أثناء العصور الغابرة ولهذا فلا يمكن الاعتماد عليهما .

غير أن هناك ظاهرة أخرى يمكن استغلالها لتحقيق هذا الغرض . فقد اكتشف العلماء أخيرا أن ذرات أثقل العناصر الكيماوية مثل الأرانيوم (Uranium) والثوريوم (Thorium) والراديوم ليست فى حالة من الاتزان المطلق ، بل تتفكك تدريجيا وتمر فى أثناء تفككها بأطوار متعاقبة ، ويتكون منها فى النهاية المطلقة الرصاص ، وتنطلق أثناء ذلك ذرات الهليوم المكهربة بسرعة تبلغ آلاف الأميال فى الثانية .

ولقد وجد أن هذا التفكك فى ذرات هذه العناصر ، يجرى بمعدل ثابت لا يتغير على مرور الزمن الطويل ، فكمية من الراديوم تتناقص تدريجيا فتبلغ نصف مقدارها بعد زمن مقداره ١٥٨٠ سنة . أما الأرانيوم فينقص إلى نصفه بعد ٤٥٠٠ مليون سنة وأما الثوريوم فينقص إلى نصفه بعد ٢٣٫٠٠٠ مليون سنه .

ولقد ذكرنا أن الناتج من هذه العملية هو الرصاص الذى لا يختلف كيمائيا عن الرصاص العادى . أما من ناحية الوزن فالرصاص الناتج من

تفكك الارانيوم أخف من الرصاص العادى ، والناتج من تفكك الثوريوم أثقل منه ، ولهذا يمكن دائما تمييز الرصاص الناتج من مثل هذه العملية واستخدام هذه الخاصية لتقدير عمر الأرض بطريقة أسلم من الطريقتين السالفتى الذكر .

والتقديرات المستنبطة بهذه الطريقه تدل على أن عمر الأرض يبلغ ثلاثة آلاف مليون سنة على الأكثر ، نقول على الاكثر لأن من المحتمل أن هذه العناصر بدات فى التفكك قبل مولد الأرض .

ولقد أثبت علماء الجيولوجيا أن أعمار بعض الصخور فى شمال أمريكا تبلغ ١٧٠٠ مليون سنة ، ولهذا يمكننا اعتبار الرقين الأولين حداً أدنى والرقم الثانى حداً أعلى لعمر الأرض .

ومنذ مولد الأرض بدأت العوامل الجبارة عملها المتصل ، حتى تهيأت الظروف الملائمة لبعث الحياة — بمختلف أنواعها وغرائبها — على سطحها

ومع أننا لا نعرف للآن كيف بعثت الحياة على سطح الأرض ، غير أننا نستطيع أن نتصور أنه منذ انفصلت هذه الكتلة من الحمم عن الشمس بدأت تفقد حرارتها فى الفضاء العظيم المحيط بها ، فتضاءلت فى الحجم تبعا لذلك حتى تكونت على سطحها قشرة صلبة تحيط بحمم ملتهبة وصار لها جو غازى هو الهواء الذى نستنشقه ، حتى صارت درجة الحرارة مما يسمح للمياه أن تؤدى دورتها المعروفة من تبخر متصاعد ، فقطر متساقط فأنهار تجرى ، وأصبح الماء عاملا رئيسيا فى تآكل الصخور وتفتيتها وإذابتها وحملها إلى البحار ، حيث ترسب وتضم بين طياتها بقايا الحيوانات وآثار

الحياة المختلفة التى عاشت وماتت أثناء تكوين الطبقات المختلفة من الرواسب . وقد بقيت هيا كلها وآثارها أحقابا طويلة من الزمن لتدل على عصور تكوينها .

ولقد وجدت فى (جرينلاند) صخور تحتوى على بقايا أشجار لا تنمو فى عصرنا هذا إلا فى المناطق الحارة كما أنه وجدت فى بعض أجزاء المناطق الحارة آثار الثلاجات التاريخية مما يدل على تعاقب دورات الحرارة الشديدة والبرودة الشديدة على سطح الأرض ، حتى تهيأت الظروف الملائمة لأشجار المناطق الحارة أن تنمو فى بلاد مثل (جرينلاند) . وقد ذكرنا فيما سلف أن ذلك يعزى إلى تغير — ولو أنه طفيف جدا — فى طاقة الإشعاع من الشمس .

هذه التطورات المتلاحقة لسطح الأرض ، وما صاحبها من تغيرات يمكننا أن نقيسها بالمقياس الجيولوجى حيث نقسم العصور الجيولوجية بوجه الأجمال إلى أربعة أحقاب رئيسية .

الحقب الابتدائى ويسمى الأركى وحقب الحياة القديمة . وحقب الحياة المتوسطة ، وحقب الحياة الحديثة ، وتشغل حسب الترتيب ٥٥ ٪ و ٣٠ ٪ و ١١ ٪ و ٤ ٪ من مجموع الزمن الجيولوجى .

وقد ذكر الأستاذ سبنسر جونز فى كتابه :—
أن علماء الجيولوجيا اكتشفوا ما يدل على نشوء الحياة البدائية فى الحيوانات اللافقرية بين طبقات الصخور فى العصر الأركى فيرجع تاريخ نشوئها إلى ١٣٠٠ مليون سنة مضت . أما أقدم الحفريات المعروفة فيقدر

بنحو من ٩٠٠ مليون سنة تقريبا . ويلى ذلك نشوء الحيوانات اللافقريه يتبعها عصر الأسماك منـــذ ٥٠٠ مليون سنه تقريبا ، ثم ظهور النباتات الأرضية وتنوع الأسماك والشعب المرجانية منذ ٤٢٠ مليون سنه تقريبا .

ثم عصر تكوين الفحم ونشوء الدناسور والزواحف الطائرة منذ ١٤٠ مليون سنة تقريبا .

ثم عصر الحيوانات الثديية وهو فجر الحياة الحديثة منذ ٦٠مليون سنة تقريبا ثم ظهور الانسان الشبيه بالقرد منذ ٨ مليون سنة تقريبا .
وفى النهاية ظهور الانسان منذ مليون سنة تقريبا .

الباب الحادي عشر

تاريخ الفلك

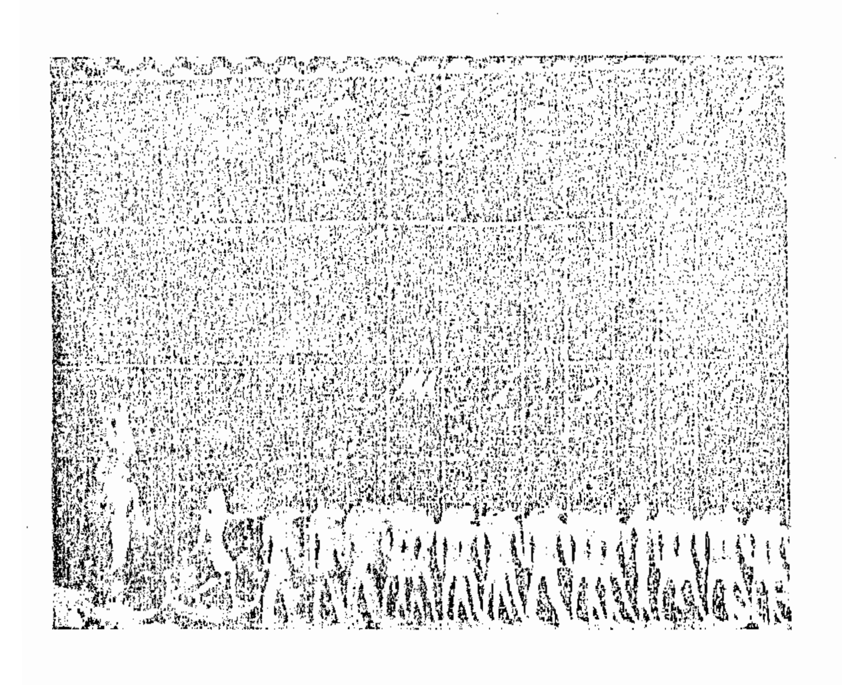
الفلك عند قدماء المصريين

تدل آثار المصريين القدماء على أنهم عنوا برصد ودراسة مواقع الأجرام السماوية وحركاتها دراسة جدية منذ فجر التاريخ . ومن آثارهم هذه التي تشهد بمقدرتهم الفائقة في الرصد ، أهرام الجيزة وصور البروج التي كان يحلى بها سقف دندرة وتوجد الآن في متحف اللوفر . ذلك لأنهم كانوا يتخذون من الشمس والقمر وبعض الأجرام السماوية آلهة ثانوية يتقربون بها إلى الله خالق كل شيء وهو الواحد القهار.

صورة رمزية للعالم وفيها الاله (نوت) منحنيا فوق الأرض وبينهما اله الهواء (شو) ويرى الى اليمين (نوت) مبتكر علم الفلك والحروف وله رأس أبيس الطائر المقدس.

وكانت الشمس — وقد عرفوا أنها مصدر القوى والسبب الرئيسى فى بقاء الجنس وتعاقب الأجيال من جميع المخلوقات — أهم آلهتهم فصوروها بصور مختلفة للدلالة على مبلغ قوتها، وأنها منبع الخيرات كلها، وأنها مصدر الرطوبة التى ينشأ عنها فيضان النهر المقدس فأقاموا لها معابد خاصة أهمها معبد هليوبوليس.

وقد سبقوا الأمم الأخرى كافة فى صناعة التقويم، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التى تلزم الشمس لتتم مساراً كاملا بين النجوم، وهى التى تعرف الآن بالسنة النجمية. واتخذوها وحدة أساسية فى قياس الزمن وعلى أساسها ابتكروا السنة المدنية التى تؤلف من ١٢ شهرا كل منها ثلاثون يوما يضاف إليها فى النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسىء. وقد استخدموا فى تقدير السنة النجمية ظاهرة فلكية تعرف بالشروق الاحتراقى للنجم اللامع المسمى بالشعرى اليمانية هذا بينما كان معاصروهم من الرومانيين واليونانيين والأشوريين وغيرهم يتخبطون فى محاولات عقيمة وفاشلة لربط أوائل الشهور المدنية بأوائل الشهور القمرية. ويقدر المؤرخون أن



صور النجوم والكواكب منقوشة فى معبد سيتى الأول (حوالى ١٣٠٠ ق. م) فى وادى الملوك وترى الشعرى اليمانية فى أقصى اليسار

المصريين القدماء قد استخدموا السنة النجمية أســـاسا لتقويمهم منذ سنة ٥٧٠١ قبل الميلاد .

وليس أدل على ما كان للكهنة المصريين من السمعة الرفيعة بين علماء العالم من ارتحال الكثيرين من كبار علماء وفلاسفة اليونان لتلقى العلوم



الصور البروجية التى كانت منقوشه فى معبد دندرة وترى الآن فى متحف اللوفر بباريس

فى مصر ، وعلى الأخص الرياضيات والفلك ، ومن بين هؤلاء العلماء أورفين وهومير وسولون وفاليس وفيثاغورس وديموقراط وبلاتون ويودكس وأرشميدس . وقد قضى فيثاغورس المشهور عشرين عاما بمصر ، وتلقى العلم فيها على أيدى كهنتها . وقد أخذ هؤلاء العلماء جميعا عن المصريين فكرة كروية الأرض وثبوتها فى الفضاء وأنها مركز الكون ، وهى الفكرة التى ظلت أساس العلوم حتى منتصف القرن السادس عشر بعد الميلاد ، كما أخذوا عنهم نظرية الكواكب السيارة .

وكان أول من قاس نصف قطر الأرض ارتسوثنيس أحد علماء مدرسة الاسكندرية القديمة ، فقد قام برصد اتجاه الشمس عند المنقلب الصيفى فى كل من الاسكندرية وأسوان ، وعزى الفرق بينهما الذى يقدر بنحو ١/٥٠ من محيط دائرة إلى كروية الأرض ، فقام بقياس طول هذا القوس بين المدينتين وقدر طول محيط الأرض بنحو ٢٥٠ ألف ستاديا وعلى أساس تقدير تنرى (Tannery) لهذه الوحدة الطولية نجد أن الخطأ فى تقدير ارتوثنيس لايتجاوز نصف فى المائة بالمقارنة بالتقديرات الحديثة التى استخدمت فيها أحدث الأجهزة .

ومن أعلام مدرسة الاسكندرية القديمة أيضا العالم الفلكى بطليموس الذى عاش بها فى منتصف القرن الثانى قبل الميلاد ، وهو مؤلف كتاب المجسطى المشهور الذى يؤلف من ١٣ جزءا . والذى كان يعتبر أنجيل العلوم والمعارف حتى القرن الخامس عشر بعد الميلاد . وقد شرح فى هذا الكتاب الظواهر الفلكية وحركات الشمس والقمر والسيارات وطول اليوم والنهار وأوقات شروق وغروب النجوم فى المناطق المختلفة وأتى فيه بالبراهين العلمية

الصحيحة على كروية الأرض ، وفيه حلول للمثلثات الكرية ودراسة عن طول السنة والشهر القمرى وشرح للاسطرلاب وبحث عن الاقتراب الظاهرى للقمر وتقهقر الاعتدالين وظاهرتى الكسوف والخسوف ونظرية حركة السيارات التى تعد أكبر دليل على علو كعبهم فى الرياضيات .

ولقد كبت النهضة العلمية بوجه عام والأرصاد الفلكية بوجه خاص بعد عهد بطليموس المصرى طيلة أربعة عشر قرنا نظرا لما كان لتعاليم أرسطو فيلسوف اليونان العظيم من المنزلة التقليدية الرفيعة فى جامعات أوروبا ، فقد اعتنق هو وأتباعه نظرية ثبوت الأرض ومركزيتها للكون ، لأن الأرصاد الفلكية لم تؤيد الأدلة العلمية على دورانها وفى منتصف القرن السادس عشر نشر العالم البولندى كبرنيق كتابه عن حركة السيارات الذى يعتبر بعثا للنهضة العلمية الحديثة . وفى خلال هذه الفترة لم يسجل اكتشاف فلكى عظيم ، ولو أن الرياضيات خطت خطوات هامة ، كما تقدمت وسائل الرصد .

الفلك عند العرب

وقد أدرك العرب — بعد أن استتب لهم الأمر والسيادة فى جزء كبير من الامبراطورية الرومانية — أهمية العلوم فى بناء امبراطوريتهم فترجموا كتب اليونانيين وغيرهم . فلم تلبث بغداد حتى صارت مركزا عظيما للعلوم والآداب فى القرن الثامن الميلادى . وبسط الخليفة المنصور رعايته على رجال العلم ممن وفدوا عليه من الغرب ومن الهند . وسرعان ما أدرك علماء الدولة العباسية أهمية العلوم الفلكية لارتباط الكثير من الظواهر الفلكية بالفرائض الشرعية كتعيين أوقات الصلاة والحج واتجاه القبلة وأمر الخليفة

المنصور بترجمة كتاب المجسطى ، وأقيم مرصد بدمشق وآخر ببغداد عام ٨٢٩ ميلادية في عهد الخليفة المأمون، واستخدمت فيهما أجهزة للرصد أكبر وأدق صنعا مما كان يستعمله اليونانيون ولو أنها من نفس الطراز . وابتدع العرب أخذ الأرصاد الفلكية بطريقة منتظمة ومستمرة للأجرام السماوية ، وتعيين مواقع النجوم المعروفة قبل وبعد ظواهر الكسوف ، وبلغ من اهتمامهم بتصحيح الأرصاد الفلكية أنهم كانوا يسجلونها فى سجلات رسمية تحفظها الدولة ويقسم الراصدون بصحتها أمام هيئة من الفلكيين والقضاة .

وقد أمر المأمون بإعادة تقدير جرم الأرض الذى جاء فى كتاب بطليموس بعمل أرصاد جديدة ، فقيس لهذا الغرض قوس من محيطها مرتين . ولكن النتائج جاءت مطابقة لتقديرات بطليموس .

وتبين فلكيو العرب بعض الأخطاء فى الجداول الفلكية القديمة فعملوا جداول جديدة على أساس نفس المبادىء الفلكية التى جاءت فى كتاب بطليموس .

ويعزى إلى ثابت بن قره اكتشافه مقدار تقهقر الاعتدالين . ومن أشهر فلكيي العرب البتانى المتوفى عام ٩٢٩ م صاحب الزيج الصابىء ، وابن يونس المصرى المتوفى عام ١٠٠٩ م صاحب الزيج الحاكمى ، وعبد الرحمن الصوفى المتوفى عام ١٠٠٩ م الذى قام برصد مواقع النجوم ودرجة لمعانها بدقة فائقة .

والأزياج جداول رياضية يبين عليها كل حساب فلكى ، وتشهد

لأصحابها بالتبحر فى دراسة حركات الأجرام السماوية وحساب الظواهر الفلكية .

وفيما يلى ترجمة لبعض مشاهيرهم عن كتاب أخبار العلماء بأخبار الحكماء .

البتانى : أحد المشهورين برصد الكواكب والمتقدمين فى علم الهندسة وهيئة الأفلاك وحساب النجوم وصياغة الأحكام . وله زيج جليل ضمنه أرصاد النيرين وأصلاح حركاتها المثبتة فى كتاب بطليموس ، ذكر حركات الخمسة المحيرة (السيارات) . وكانت بعض أرصاده التى نوه عنها فى كتابه عام ٢٦٩ هجرية والبعض الآخر عام ٢٨٧ . ولا يعرف أن أحدا فى الاسلام بلغ مبلغه فى تصحيح إرصاد الكواكب وامتحان حركاتها ،ومن تواليفه فيها شرح المقالات الأربع لبطليموس ومطالع البروج وأقدار الاتصالات وكتاب الزيج نسختان وكان أصله من حران صابئا . جاء إلى بغداد مع بنى الزيات من أهل الرقة فى ظلامات كانت لهم فلما رجع مات فى طريقه بقصر الجص سنة ٣١٧ هـ .

الحسن بن الهثيم — هو أبو على المهندس البصرى نزيل مصر وصاحب التصانيف والتآليف فى علم الهندسة ،كان عالما متبحرا فى هذا العلم . بلغ الحاكم صاحب مصر من العلويين خبرة وما هو عليه من الاتقان لهذا الشأن، فتاقت نفسه إلى رؤيته وكان قد نقل اليه عنه قوله لو كنت بمصر لعملت فى نيلها عملا يحصل به النفع فى كل حالاته من زيادة ونقص فقد بلغنى أنه ينحدر من موضع عال . فسير اليه حاكم مصر مالا وأرغبه فى الحضور إلى مصر . فسافر اليها وخرج الحاكم لاستقباله وأمر بانزاله واكرامه فلما استراح طالبه بما وعد من أمر النيل ، فسار ومعه جماعة من الصناع ليستعين

بهم على هندسته التى خطرت له . ولما سار إلى الاقليم بطوله وشاهد آثار من تقدم من ساكنيه ووجد أنها على غاية من أحكام الصنعة وجودة الهندسة وما اشتملت عليه من أشكال سماويه ومثالات هندسية وتصوير معجز تحقق أن الذى يقصد ليس بمكن ، فان من تقدمه لم يغرب عنهم علم ما علمه ولو أمكن لفعلوا . فانكسرت همته وعاد إلى القاهرة خجلا منخذلا واعتذر بما قبل الحاكم ظاهره . ثم تظاهر بالجنون ليتجنب غضب الحاكم عليه فأحيط على موجوداته بيد الحاكم ووظف من يقوم بخدمته وقيد وترك بمنزله . وبعد وفاة الحاكم أظهر العقل واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر وأقام بها متنسكا متقنعا ثم أعيد اليه ماله واشتغل بالتصنيف ، فكان ينسخ ثلاثة كتب فى ضمن أشغاله وهى أقليدس والمتوسطات والمجسطى ويستكملها فى مدة السنة فاذا شرع فى نسخها جاء من يعطيه فيها مائة وخمسون دينارا مصرية فيجعلها مؤنته لسنته ،ولم يزل على ذلك حتى مات بالقاهرة فى حدود سنه ٤٣٠ ﻫ ومن تصانيفه : تهذيب المجسطى — مصادرات أقليدس — الشكوك عليه — مساحة المجسم المتكافىء — الأشكال الهلالية — صورة الكسوف — رؤية الكواكب — التنبيه على ما فى الرصد من الغلط — تربيع الدائرة — أصول المساحة — حركة القمر — المجرة — ماهية المجرة — الهالة — وقوس قزح — أصول الكواكب — استخراج خط نصف النهار بظل واحد — الشكوك على بطليموس وحلها — اختلاف المناظر وضوء القمر .

عبد الرحمن الصوفى : ولد بالرى شرق طهران عام ٢٩١ ﻫ وعاش

بشيراز وبغداد متمتعا بسمعة رفيعة وبرعاية الخليفة عضد الدولة الذى كان يفخر أن الصوفى علمه الفلك ، ومن تصانيفه كتاب الكواكب الثابتة مصورة وكتاب الأرجوزة فى الكواكب الثابتة وكتاب التذكرة ومطارح الشعاعات . وقد رصد النجوم بنفسه ووصفها وصفا دقيقا وقدر أقدارها من جديد بدقة فائقة حتى أنها تقرب من التقديرات الحديثة التى استخدمت فيها أحدث الأجهزة ، وتوفى عام ٣٧٦ ه

من اختبارات السنة الأولى
(قسم أجازه القضاء) بكلية الشريعة

١) اشرح كيف يختلف منظر السماء باختلاف مكان الراصد وزمانه

٢) ارسم شكلا يمثل السماء ووضح عليه موضع القمر اذا كانت زاويته الساعية تساوى ٣ ساعات و ٢٤ دقيقة وميله + ١٣°

اذكر اسماء عشرة من منازل القمر

٣) ارسم شكلا يمثل السماء ووضح عليه موقع القمر بعد شروقه اذا كانت زاويته السمتيه = ٩٥° وبعده السمتى = ٦٧°

اذكر اسماء خمس كوكبات فى نصف الكرة الشمالى

٤) اشرح نظرية بطليموس عن حركة الكواكب السيارة — لماذا اعترض ارسطو على الزعم بدوران الأرض حول الشمس

٥) اكتب مقالا عن النظام الشمسى — اذكر قوانين كبلر

٦) اشرح ظاهرة الفصول الفلكيه

٧) شرح كيف يختلف طولا الليل والنهار فى اليوم الواحد باختلاف خط عرض المكان وفى المكان الواحد على مر الأيام اثناء السنة

٨) اشرح ظاهرة الشفق

٩) اشرح قاعدة بود لتعيين أبعاد الكواكب السيارة أى الاكتشافات الفلكيه جاء نتيجة لذلك

١٠) اكتب مقالا عن قانون الجاذبيه العام . أى الاكتشافات الفلكيه جاء مؤيدا لهذا القانون

١١) برهن أن ارتفاع النجم القطبي فى مكان ما يساوى خط عرض هذا المكان

١٢) تكلم عن الوقت الشمسى الحقيقى والوقت الشمسى الوسطى

متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة كسلا (خط طول ٢٤َ ٣٦°) فى يوم ١٧ مايو إذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم = + ٤ دقائق

١٣) تكلم عن الوقت المحلى والوقت المدنى

متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة دمشق فى يوم أول اكتوبر إذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم تساوى (— ١٠ دقائق) وخط طول دمشق يساوى ٣٦¼ شرق جرينتش

١٤) تكلم عن النسىء عند العرب قبل الاسلام

كيف تعين السنين الكبيسة فى التقويم الهجرى عند علماء الهيئة

١٥) تكلم عن خمسة مما يأتى :

الزاوية السمتية . أقدار النجوم . معادلة الزمن . قاعدة بود . الشهب . النجوم المزدوجة . اليوم النجمى . البروج . اليوم الشمسى الوسطى . السنة الشمسية . المزدوجات الطيفية . السدائم الجرية . البتانى . بطليموس

للمؤلف

١ — الأطلس الفلكى لخط عرض القاهرة

(يطلب من من مصلحة المساحة بالجيزة)

٢ — فى أعماق الفضاء

(يطلب من مطبعة الشرق ٣٢٢ شارع الخليج المصرى)

الباب الثانى عشر

مرادفات فلكية

+ كوكبة نجوميه — ✫ نجم

English	العربية
Aberration	زيغ (زيغان)
Absorption, galactic	الأمتصاص المجرى
Acceleration, Secular	العجلة الحقبية
Achernar	✫ آخر النهر
Aerolites	نيازك
Age (Moon) Earth etc	عمر القمر أو الأرض
Albedo of asteroids	عاكسية النجميات
Aldebran	✫ الدبران
Algol	ب برشاوش (نجم متغير)
Almucantar	المقنطرة
Altair	✫ النسر الطائر
Altazimuth Telescope	المنظار السمتى الأرتفاعى
Altitude	الأرتفاع
Andromeda	+ المرأة المسلسلة
Annual equation	المعادلة السنوية
Annular eclipse	كسوف حلقى
Anomalistic year	السنة الفلكية
Antapex Solar	الأتجاه المضاد لحركة الشمس
Antarctic Circle	الدائرة القطبية الجنوبية
Antares (a Scorpii)	✫ قلب العقرب
Antlia	+ الآلة المفرغة
Apastron	الأوج النجمى

Apex Solar	أتجاه حركة الشمس أو قبلة الشمس
Aphelion	نقطة الرأس (لمدار سيار)
Apogee	الأوج (للشمس أو القمر)
Apparent place of a star	موقع النجم الظاهرى
Apse	خط الأوجين (فى مدار سيار)
Apus	+ طائر الجنة
Aquarius	+ الدلو
Aquila	+ العقاب
Ara	+ المجمرة
Arctic Circle	دائرة القطب الشمالى
Arcturus	☆ السماك الرامح
Argo	+ السفينة
Aries	+ الحمل
Aries first point of	نقطة الأعتدال الربيعى
Asteroids	النجيمات
Asymetry of Stellar motions	عدم تماثل حركة النجوم
Auriga	+ ممسك الأعنة

Azimuth	الزوايه السمتيه
Azimuth error	الخطأ السمتى
Bellatrix	☆ الناجد
Betelgeuse	☆ منكب الجوزاء
Binary Stars	النجوم الثنائية
Black body radiation	أشعاع الجسم الأسود
Bolometric magnitude	القدر الأشعاعى
Bootes	+ العواء
Caelum	+ قلم النحات
Calender,	تقويم
Camelopardalis	+ الزرافة
Cancer	+ السرطان
Cancer, Tropic of	مدار السرطان
Canes Venatice	+ كلاب الصيد
Canis Major	+ الكلب الأكبر
Canis Minor	+ الكلب الأصغر
Canopus	☆ سهيل

Time Zones	مناطق الوقت
Transit Instrument	المنظار الزوالى
« of mercury	عبور عطارد
« « Venus	عبور الزهرة
Triangulum	+ المثلث
Triangulum Australis	+ المثلث الجنوبى
Trignometric parallax	الأختلاف الحسابى
Triple Stars	النجوم الثلاثية
Tripod	أرجل — حامل
Tropical year	السنة الشمسية
Tropics	المدارين
Tucana	+ التوكان
Twilight	الشفق
Uranus	أرانوس
Ursa major	الدب الأكبر
Ursa minor	الدب الأصغر
Variability of earth's rotation	التغير فى دوران الأرض
Variation of Latitude	تغير خط العرض
Variable Stars	النجوم المتغيرة
Vela	+ القلاع
Velocity from Infinity	السرعة اللانهائية
Velocity in planetary orbit	السرعة فى مدار السيار
Velocity line of sight	السرعة فى اتجاه خط البصر
Velocity parabolic	السرعة فى القطع المكافىء
Venus	الزهرة
Vernal equinox	الأعتدالى الربيعى
Vertical Circle	الدائرة الرأسية
« prime	الرأسية الأولى
Vertices of star streaming	سمتا أتجاهى الحركة النجومية
Viga	النسر الواقع
Virgo	+ السنبلة
Visual magnitude	الأقدار البصرية
Volans	+ السمك الطيار
Vortices - sun spot	الحركة الدوامة فى كلف الشمس

Star multiple	« المضاعفة
« designation	تسمية النجوم
« Streaming	أنسياب النجوم
Stationary	ثابت
Stellar energy	الطاقة النجومية
Sterescope Camera	فوتوغرافية ذات شيئتين
Sub-Solar point	نقطة قدم الشمس
Sumner line	خط سمنر
Sun Shade	حاجب وهج الشمس
Sun Spots	كلف الشمس
Super giants	عمالقة كبرى
Synodic period	الدورة الأقترانية
Taurus	+الثور
Telescope	منظار
« equetorial	« أستوائى
« reflecting	منظار عاكس
« refracting	« ذو عدسات
« Zenith	« سمتى
Telescopium	+المنظار
Terminator	محدد
Tides	المد والجزر
« neap	أوطى الجزر
« spring	أعلى مد
Time	الوقت — الزمن
« apparent Solar	« الشمسى الظاهرى
« equation	معادلة الزمن
« local apparent	الوقت المحلى الظاهرى
« « mean	« « الوسطى
« mean solar	« الشمسى الوسطى
« siderial	« النجمى
« standard or zone	« الرئيسى
« summer	« الصيفى
Time Scale of stellar Evolution	المقياس الزمنى للتطور النجمى

getting	غروب
Sextans	+ السدس
Shadow	ظل
Siderial period	الدورة النجمية
« time	الوقت النجمى
« year	السنة النجمية
Simple Harmonic motion	الحركة التوافقية البسيطة
Sirius	الشعرى اليمانية
Sky	السماء
Smooth Curve	منحنى أملس
Solar Constant	الثابت الشمسى
Solar motion	حركة الشمس
Solar System	النظام الشمسى
Solistices	المنقلبان
Spectral Changes	التغيرات الطيفية
Spectroheliograph	مصور طيف الشمس
Spectral band	حزام طيفى

Spectral types	المراتب الطيفية
Spectral binaries	ثنائيات طيفية
Spectroscope	مبين الأطياف ـ المطياف
Spectrum	الطيف
Speculum	أسبكيولام
Spherical Aberration	الزيغ الكرى
Spica	« السماك الأعزل
Spring tides	أعلى مد
Stability of solar system	توازن النظام الشمسى
standard Time	الزمن الرئيسى
stars, binary	النجوم الثنائية
« , double	« المزدوجة
« eclipsing binaries	« الثنائية الكسوفية
« spectroscopic binaries	« الثنائية الطيفية
« Variable	« المتغيرة
« clusters	الجموع النجومية
« triple	« الثلاثية

English	Arabic
Rate of clock	معدل سير الساعه
Reduction of star place	تعيين موقع النجم
Regulus	☆ قلب الأسد
Relativity theory of	نظريه النسبيه
Resolving Power	قوة التفصيل ـــ قوة التفريد
Reticulum	+ الشبكة
Retrograde motion	الحركة التقهقريه
Reversing layer	طبقهعاكسه
Reversing prism	منشور معكس
Right Assencion	المطلع المستقيم
Rigel	☆ رجل الجبار
Revolution period of (moon) (anomalistic)	مدة دورة القمر الفلكيه
Revolution period of (moon) (Droconic)	» » » العقديه
Revolution period of (moon) (Siderial)	» » » النجميه
Revolution period of (moon) (Synodic)	» » » الاقترانيه (الشهر القمرى)

English	Arabic
Rills on Moon	القناوات على سطح القمر
Ring System of Saturn	حلقات زحل
Rising	شروق
Rotation	دوران
Sagitta	+ السهم
Sagittarius	+ القوس
Satellites	أقمار
Saturn	زحل
Scattering of light	تشتت الضوء
Scorpio	+ العقرب
Sculptor	+ معمل النحات
Scutum	+ الدرع
Seasons	الفصول الفلكيه
Secondary Spectrum	طيف ثانوى
Secular accelaration of Moon	العجلة الحقبيه للقمر
Selective Absorption	الامتصاص الانتخابى
Serpent	+ الحيه

Phases of Venus	أوجه الزهرة
Phœnix	+ العنقاء
Photo-electric-cell	الخليه الضوئيه الكهربائيه
Photometer	فوتومتر
Photosphere	الكرة المرئيه
Pictor	+ كرسى المصور
Piscis	+ الحوت
Piscis Australis	+ الحوت الجنوبى
Planetismal Theory	النظرية الكوكبيه
Planets	السيارات ــ الكواكب السيارة
Pluto	بلوتو
Polarisation of light	أستقطاب الضوء
Poles of Celestial Sphere	قطبا الكرة السماوية
Pole Star-Polaris	النجم القطبى ــ القطبيه
Pollux	☆ رأس التوأم المؤخر
Position Angle	الزاوية الموضعيه
precession	تقهقر الاعتدالين
Pressure of radiation	ضغط الاشعاع
Prime meridian	خط الطول الرئيسى
Prime Vertical	الرأسيه الاولى
Procyon	☆ الشعرى الشاميه
Profile	المنظر الجانبى
Projected	مسقط
Prominences Solar	ألسنه ــ أنشاز ــ شواظ
Proper Motions of stars	الحركة الذاتيه للنجوم
Pulsation theory of cepheids	نظرية التنبض للقيفاويات
Puppis	+ الكوثل
Pyrheliometer	جهاز قياس الاشعاع الشمسى
Pyxis	+ البوصلة البحرية
Quadrature	التربيع
Radial Velocity	السرعه فى أتجاه خط البصر
Radiants-meteors	الشهب المتشععه
Radiation	أشعاع
Radius Vector	نصف القطر الموجه

Neptune	نبتون
Neutral Helium	الهليوم المتعادل
Nodes of Moon	عقد القمر
Norma	+ المربع
North Polar distance	البعد القطبى
Novae	النجوم الجديدة
Nutation	التمايل — الترنح
Obliquity of the ecliptic	الميل الأعظم
Occultations	الأستتار
Octanus	+ الثمن
Ocular	عدسه عينيه
Opacity	قاتميه
Ophiuchus	+ الحواء
Opposition	الأستقبال
Orbit of Planet	مدار كوكب سيار
« « double star	مدار نجم مزدوج

Orbit of spect. binary	مدار ثنائى طيفى
Orion	+ الجبار
Parabolic velocity	السرعه فى القطع المكافىء
Parallactic inequality	التباين الاختلافى
Parallax	الأختلاف الظاهرى
Pavo	+ الطاووس
Parsec	بارسك
Pegasus	+ الفرس الاعظم
Periastron	الحضيض النجمى
Perigee	نقطه الحضيض (للشمس والقمر)
Perihelion	نقطه الذنب (للسيارات)
Periodic Comets	المذنبات الدورية
Periodicity of Sun Spots	دورية كلف الشمس
Perseus	+ برشاوش
Personal equation	المعادلة الشخصيه
Perturbations	أضطراب حركة سيار .
Phases of Moon	أوجه القمر

English	Arabic
Maria on Moons surface	البحار على سطح القمر
Mars	المريخ
Mass Function	دالة الكتلة
Mean place of star	الموضع الوسطى لنجم
Mean Sun	الشمس الوسطى
Mensa	+ الجبل المائدى
Mercury	عطارد
Meridian	خط الزوال
Meridian Circle	الدائرة الزواليه
« Photometer	الفوتومتر الزوالى
Meteors	الشهب — النيازك
Metonic Cycle	دورة ميتون
Micrometer	الميكرومتر
« filar	الميكرومتر الخيطى
Microscopium	+ الميكروسوب
Milky Way	المجرة — سكة التبانة
Minor Planets	النجيمات أو الكويكبات
Mizar	نجم فى كوكبه الدب الأكبر
Monoceros	+ وحيد القرن
Month Lunar	الشهر القمرى
Motion of Planets	حركة السيارات
« in resisting medium	الحركة فى وسط مقاوم
Multiple Stars	النجوم المضاعفه
Musca	+ النحلة
Nadir	النظير أو سمت القدم
Neap tides	أوطى جزر
Nebulae	السدائم السدم
« Extragalactic	« الخارجه عن المجرة
« Spiral	« الحلزونيه
« galactic	« المجرية
« lenticular	« العدسيه
« globular	« الكرية
« planetary	« الكوكبيه
Nebulium	نبيوليوم

Lacerta	+ الورل
Latitude Celestial	خط العرض السماوى
Latitude Galactic	خط العرض المجرى
Latus Rectum	الوتر البورى العمودى
Law ofUniversal Gravitation	قانون الجاذبيه العام
Leo	+ الأسد
Leo Minor	+ الأسد الصغير
Leonid Meteor warms	وابل الشهب الأسدية
Lepus	+ الأرنب
Libra	+ الميزان
Libra first point of	نقطه الاعتدال الخريفى
Librations of the moon	نودان القمر
Light - Ratio	نسبه الضوء
Light year	السنهالشمسيه
Line of sight Velocity	السرعه فى اتجاه خط البصر
Local Cluster	جمع محلى
Long Period Variables	المتغيرات الطويلة الدورة
Longitude Celestial	خط الطول السماوى
Longitude Galactic	خط الطول المجرى
Loss of Mass by Radiation	فقدان الكتلة بالأشعاع
Luminosity of Stars	زهو النجوم
Lunar Month	الشهر القمرى
Lupus	+ السبع
Lynx	+ الفهد
Lyra	+ الشلياق
Magellanic Clouds	السحب المجلانيه
Magnetic Storms	العواصف المغناطيسيه
Magnitudes Absolute	الأقدار المطلقه
« apparent	» الظاهرية
« Bolometric	» الاشعاعيه (الحرارية)
« Photographic	» الفوتوغرافيه
« Visual	» البصرية
Main Sequence	التابع الرئيسى
Malus	+ الصارى

Finder	منظار باحث
Fitting	تركيب
Flash Spect.	طيف الوميض
Flocculi Solar	الزغب الشمسى
Foculas Solar	شعيلة
Fomalhaut	* فم الحوت الجنوبى
Fornax	+ الفرن الكيماوى
Galactic, Absorp tion;concentration, Latitude, longitude, Plane, System	الأمتصاص المجرى. التركيز النجومى فى المجرة . العرض المجرى. الطول المجرى. مستوى المجرة. النظام المجرى
Galactic Concentration of Stars	التركيز المجرى للنجوم
Gemini	+ التوأمان
Giants	عمالقه
Gnomon	الغومون
Greenwich primevertical	الرأسيه الأولى لجرينتش
Grus	+ الكركى
Harvest Moon	بدر الحصاد

Heliacal rising	الشروق الاحتراق
Heliometer	هليومتر
Hercules	+ الجاثى
Horizon	الأفق
Horologium	+ الساعه ذات البندول
Hour angle	الزاوية الساعيه
Hydra	+ الشجاع
Hydrus	+ ثعبان البحر الجنوبى
Indus	+ الهندى
Inequality	تفاوت فى حركة القمر
Interferometer Stellar	مقياس التداخل النجومى
Interpolation	أستكمال من الداخل
Interstellar Matter	المادة فى الفضاء النجومى
Invariablè Plane	تلمستوى الغير ثابت
Ionisation in stellar atmosph.	ألين المادة فى أجواء النجوم
Irregular Variables	المتغيرات الغير منتظمه
Jupiter	المشترى

Eclipsing binaries	الثنائيات الكسوفيه
Ecliptic	الدائرة الكسوفيه
Effective Temp.	درجه الحرارة المكافئه
Elongation	أستطالة
Ellipticity	أنبعاج أو أهليلجيه
Emission	انبعاث
Enhanced lines	الخطوط المقواة
Epicycle	فلك التدوير
Epicycle planetary	فلك التدوير للسيارات
Epoch	عهد
Equation, annual of moon of centre, personal equation of time.	معادلة القمر السنوية. معادلة المركز المعادلة الشخصية، معادلة الزمن
Equinox, autumnal, vernal	الأعتدال الخريفى الأعتدال الربيعى
Equipartition of Energy	التقسيم المتساوى للطاقة
Equuleus	+ الفرس الأصغر
Eridanus	+ النهر
Errors Accidental	الأخطاء العارضة
Eorror-Level	خطأ التسوية
Errors Systematic	الأخطاء النظامية
Evection	تغير الأختلاف المركزى لمدار القمر
Evolution Stellar	التطور النجمى
Expansion of Universe	تمدد الكون
Extrapolation	أستكمال من الخارج
Eyepiece	عينية
Eye Binocular piece	منظار مزدوج العينية
Eye Diagonal piece	عينية انحرافية
Eye Monocentric piece	العينية الموحدة المركز
Eyepiece Orthoscopic	عينية أرتوسية *
Eyepiece Ramsden	عينية رامزدن
Faculae Solar	شعاية شمسيه
Filar Micrometer	الميكرومتر الخيطى

* وبواسطتها يمكن رؤية الأشياء بحالتها الأصلية أى أن الصورة تكون خالية من آثار الإنعكاس والإلتواء وتأثير اللون

English	Arabic
Cosmogony theories	النظريات الكونية
Counterpoise rod	قضيب الأتزان
Counterpoise weight	ثقل الأتزان
Crater	+ الباطية
Craters, lunar	الفوهات القمرية
Cross proper motions	الحركة الذاتية العرضية
Cro s radial Vel.	السرعة القطرية العرضية
Crux	+ الصليب الجنوبى
Culmination, lower	العبور السفلى
« upper	العبور العلوى
Cusps of moon	طرفا الهلال
Cygnus	+ الدجاجه
Day, apparent Solar, Astronomical, civil, Siderial	اليوم الشمسى الظاهرى . الفلكى . المدنى . النجمى
Dead rechoning position	الموضع بالتقدير الحسابى
Deferent	فلك التدوير الأول
Deneb	☆ الردف
Denebola	☆ الصرفه
Delphinus	+ الدلفين
Diaphram	حاجز
Diffuse	منتشر - مشتت
Dip of horizon	أنخفاض الأفق
Displacement of Spect. line	زحزحة الخطوط الطيفيه
Dorado	+ السمك المذهب
Double Stars	النجوم المزدوجه
Draco	+ التنين
Dwarf stars	النجوم الأقزام
Dubhe	نجم من الدب الأكبر
Earth's Shine	ضوء الأرض
« way	أتجاه الأرض
Easter Day	عيد الفصح
Eccentricity	الأختلاف المركزى
Eclipse, solar	كسوف الشمس
« lunar	خسوف القمر
« limits	حدود الكسوف أو الخسوف

English	Arabic
Capella	٭ العيوق
Capricorn Tropic of	مدار الجدى
Capricornus	+ الجدى
Carina	+ القرينة
Cassiopeia	+ ذات الكرسى
Castor	٭ رأس التوأم المقدم
Celestial equator	دائرة المعدل
Celestial sphere	الكرة السماوية
Centaurus	+ قنطورس
Cepheid Variables	المتغيرات القيفاوية
Cepheus	+ قيفاوس
Cetus	+ قيطس
Chamaeleon	+ الحرباء
Chromatic Aberration	الزيغ اللونى
Chromosphere, Solar	الكرة اللونية للشمس
Chronograph	مسجل الزمن
Circenus	+ البركار
Circumpolar Stars	النجوم المحيطة بالقطب
Cluster open, moving	جمع مفتوح متحرك
Collimation Axis	محور التطبيق
Collimation error	خطأ التطابق المحورى
Collimator	مطباق المحور
Colour Index	دليل اللون
Columba	+ الحمامة
Colure, equinoxial	الدائرة الساعية الأعتدالية
Coma Berenices	+ شعر برنيقة
Comets,	المذنبات
Conjuntion, inferior, superior	الأقتران الداخلى والخارجى
Constellations	كوكبات
Corona Australis	+ الأكليل الجنوبى
Corona Borealis	+ الأكليل الشمالى
Corona, Solar	إكليل الشمس
Correlation	أرتباط
Corvus	+ الغراب

English	Arabic
Vulpecula	+ الثعلب
White Dwarfs	أقزام بيضاء
Year	السنة
« Anomalistic	» الفلكية
« Civil	» المدنية
« Siderial	» النجمية
« tropical	» الشمسية
Zenith	سمت الرأس
« distance	البعد السمتي
« telescope	المنظار السمتي
Zodiac	دائرة البروج
Zodiac signs	البروج
Zodiacal light	ضوء البروج
Zone time	وقت المنطقة

محتويات الكتاب